

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
HORNICKO – GEOLOGICKÁ FAKULTA  
Katedra environmentálního inženýrství

**VLIV VÝROBY NEREZOVÝCH BAZÉNŮ NA ŽIVOTNÍ  
PROSTŘEDÍ**  
bakalářská práce

Autor:

Magdalena Sikorová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Dalibor Surovka, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

Faculty of Mining and Geology

Department of Environmental Engineering

**INFLUENCE OF THE PRODUCTION OF STAINLESS  
STEEL POOLS ON THE ENVIRONMENT**

bachelor thesis

Author:

Magdalena Sikorová

Supervisor:

Ing. Dalibor Surovka, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut environmentálního inženýrství

## Zadání bakalářské práce

Student: **Magdalena Sikorová**  
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny  
Studijní obor: 3904R005 Environmentální inženýrství  
Téma: **Vliv výroby nerezových bazénů na životní prostředí**  
**Influence of the Production of Stainless Steel Pools on the Environment.**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl bakalářské práce
2. Nerezová ocel
  - 2.1 Zpracování nerezů
  - 2.2 Vliv použitých chemických látek na životní prostředí
3. Vlastní návrh řešení znečištění ŽP při výrobě nerezových bazénů
4. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

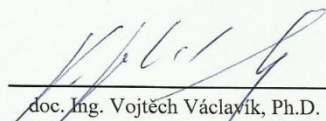
1. DAS, Gautam, Mousumi DAS, Subhasis SINHA, Kalyan Kumar GUPTA, Sanchita CHAKRABARTY a Ashok Kumar RAY. Characterization of cast stainless steel weld pools by using ball indentation technique. Materials Science and Engineering: A. 2009, 513-514.
2. ROSSI, Barbara. Discussion on the use of stainless steel in constructions in view of sustainability. Thin-Walled Structures. 2014, 83, 182-189.
3. SANO, Y., H. AMBAI, M. TAKEUCHI, S. IJIMA a N. UCHIDA. Effect of chloride ion on corrosion behavior of SUS316L-grade stainless steel in nitric acid solutions containing seawater components under  $\gamma$  – ray irradiation. Journal of Nuclear Materials [online]. 2017, 493, 200-206.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

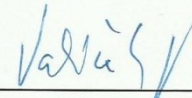
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Dalibor Surovka, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018

  
doc. Ing. Vojtěch Václavík, Ph.D.  
vedoucí institutu



  
doc. Ing. Jan Valíček, Ph.D.  
děkan fakulty

### Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30. 4. 2018

*Magdalena Sikorová*  
.....

Magdalena Sikorová

**Poděkování:**

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Daliboru Surovkovi Ph.D. za odborné vedení a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěla poděkovat firmě vyrábějící nerezové bazény za poskytnutí důležitých informací a také mé poděkování patří rodině a příteli za podporu v průběhu studia.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem výroby nerezových bazénů na životní prostředí. Jsou zde popsány jednotlivé výrobní postupy (svařování, obrábění a chemické čištění) a s nimi související vznik nebezpečných látek negativně působících na životní prostředí. Bylo zjištěno, že při procesu svařování vzniká svářečský kouř a prach s obsahem toxických látek (Cr, Ni, Mn, Si, C, Mo), kde převládá chrom s oxidačním číslem +VI. Při obrábění (řezání, vrtání, broušení a leštění) dochází k cílenému odebrání kovu z povrchu oceli za vzniku škodlivého prachu o různé velikosti částic ( $<10\text{ }\mu\text{m}$ ) s obsahem toxických kovů. Při chemickém čištění unikají nebezpečné produkty rozkladu, jako jsou: fluorovodík, oxidy síry, oxidy dusíku a vodík. Na základě tohoto zjištění je třeba dbát, aby zaměstnanci firmy vyrábějící nerezové bazény používali správné ochranné pomůcky a ve firmě byla použita technologie a chemické přípravky snižující negativní dopad na životní prostředí.

## **Klíčová slova:**

Korozivzdorná ocel, koroze, svařování, obrábění, chemické čištění, toxické kovy, likvidace odpadu.

## **Summary**

This bachelor thesis deals with influence of production of stainless swimming pools on the environment. Individual manufacturing processes (welding, machining / metal working and chemical cleaning) are described in the thesis including creation of dangerous substances that have a negative impact on the environment. It was found that welding smoke and dust containing toxic substances (Cr, Ni, Mn, Si, C, Mo) are generated during welding, where chromium with an oxidation number + VI is predominant. Machining (cutting, drilling, grinding and polishing) leads to the targeted removal of metal layer from the steel surface when creating harmful dust of various particle sizes ( $<10\text{ }\mu\text{m}$ ) containing toxic metals. During chemical cleaning process dangerous products from decomposition such as hydrofluoric acid, sulfur oxides, nitrogen oxides and hydrogen are released. Based on these findings is necessary to ensure that technology (technics) and chemicals reducing the negative impact on the environment are used in companies producing stainless pools and workers of these companies have duties to use personal protective equipment at work.

## **Keywords:**

Stainless steel, corrosion, welding, machining, chemical cleaning, toxic metals, waste disposal.

## **OBSAH**

<b>1</b>	<b>ÚVOD A CÍL PRÁCE.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>KOROZIVZDORNÁ OCEL .....</b>	<b>2</b>
2.1	Druhy korozivzdorných ocelí.....	2
2.2	Koroze .....	10
<b>3</b>	<b>SVAŘOVÁNÍ .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>OBRÁBĚNÍ.....</b>	<b>21</b>
4.1	Prachové částice .....	23
<b>5</b>	<b>CHEMICKÉ ČIŠTĚNÍ .....</b>	<b>25</b>
5.1	Předčištění oceli .....	28
5.2	Moření oceli .....	30
5.3	Elektrolytické leštění oceli .....	34
5.4	Pasivace oceli .....	36
5.5	Likvidace odpadu .....	38
<b>6</b>	<b>NÁVRH SNÍŽENÍ ENVIRONMENTÁLNÍHO DOPADU .....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>50</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>59</b>



## 1 ÚVOD A CÍL PRÁCE

Bakalářská práce se zabývá problematikou, jaký vliv má na životní prostředí a člověka, jakožto součást životního prostředí, má výroba nerezových bazénů. Byl mi umožněn přístup do firmy vyrábějící nerezové bazény, kde jsem si mohla projít s vedoucím produkce všechny výrobní postupy. Firma si, ale nepřála být v této práci jmenována.

Tato bakalářská práce se zabývá korozivzdornou ocelí a jejími jednotlivými druhy, které se používají na výrobu nerezových bazénů. Dále jsou v práci popsány možnosti vzniku koroze při zpracování oceli, pasivní vrstvou oceli a nebezpečnými látkami, které vznikají při zpracování oceli.

Samotná korozivzdorná ocel není vnímána jako nebezpečná, jelikož se využívá v řadě průmyslů náročných na hygienické požadavky, jako je: potravinářský, farmaceutický, zemědělský, chemický průmysl a využívá se i v lékařství. Dokonce lze korozivzdornou ocel považovat za ekologický materiál díky jejímu znovuvyužití po roztavení výrobků. Nebezpečné látky, ale vznikají při výrobě korozivzdorné oceli a při jejím zpracování (svařování, broušení, leštění, barvení, chemické čištění a mechanické čištění). Tato bakalářská práce se nezabývá primární výrobou korozivzdorné oceli, při které unikají např. emise  $\text{CO}_2$  do ovzduší, ale sekundárním zpracováním tedy vznikem nebezpečných látek při výrobě samotných produktů z korozivzdorné oceli, konkrétně při výrobě nerezových bazénů [1, 2].

V průběhu výroby vznikají škodlivé látky pevné, plynné i kapalné. Při procesu svařování se uvolňuje svářečský dým a prach obsahující nebezpečný chrom s oxidačním číslem +IV. Při obrábění korozivzdorné oceli dochází ke vzniku prachu o různé velikosti částic s obsahem toxických kovů. Finálním procesem při výrobě nerezových bazénů je chemické čištění (předčištění, moření, elektrolytické leštění a pasivace), při kterém dochází ke vzniku nebezpečných produktů rozkladu v podobě toxických plynů a kapalin.

Cílem této bakalářské práce je zjistit, kde a jaké nebezpečné látky vznikají. Také jaký mají vliv na životní prostředí a člověka a navrhnout řešení, jak snížit environmentální dopad z výroby nerezových bazénů.

## 2 KOROZIVZDORNÁ OCEL

Korozivzdorná neboli nerezová ocel je slitina chromu, železa, niklu a dalších prvků jako jsou uhlík, dusík, molybden, měď, mangan, bor, hliník, titan, křemík a niob. Korozivzdorné oceli jsou vyráběny z důvodu zvýšené odolnosti vůči korozi, ale ani tyto slitiny nejsou proti korozi úplně odolné. Zda je nerezavějící ocel odolná, závisí na chemickém složení slitiny a agresivitě prostředí. Tato ocel je schopná snést kyselé i zásadité prostředí, ale záleží na konkrétním typu korozivzdorné oceli a tedy zejména na obsahu legovacích prvků [3, 4, 5].

### 2.1 Druhy korozivzdorných ocelí

Existuje velké množství korozivzdorných ocelí lišícími se chemickým složením, vlastnostmi a strukturou. Podle struktury a vlastností lze rozdělit korozivzdorné oceli do čtyř základních skupin: feritické, martenzitické, austenitické a duplexní (feriticko-austenitické) nerezové oceli. Dle chemického složení se následně dělí na: chromové, chromniklové, chrommanganové a chromniklmolybdenové. Jednotlivé typy nerezových ocelí jsou značený kódem EN (Eurokód) a ASTM (American Society for Testing and Materials) – mezinárodní standardizační organizace, která vydává normy pro různé materiály a výrobky [5, 6].

Při výrobě nerezových bazénů se používá zejména austenitická a duplexní korozivzdorná ocel a to konkrétně čtyři typy: austenitická chromniklová ocel (EN 1.4301), austenitická chromniklmolybdenová ocel (EN 1.4404), duplexní chromniklmolybdenová ocel (EN 1.4462) a super austenitická chromniklmolybdenová ocel (EN 1.4547). Složení těchto ocelí je popsáno v tabulce 1 [7].

**Tabulka 1 Složení korozivzdorné oceli [7]**

typ oceli		složení oceli (%)									
EN	ASTM	Cr max.	Ni max.	Mo max.	Cu max.	N max.	Mn ≤	Si ≤	C ≤	P ≤	S ≤
<b>1.4301</b>	<b>304</b>	19,50	10,50	-	-	0,11	2,00	1,00	0,07	0,05	0,02
<b>1.4404</b>	<b>316L</b>	18,50	13,00	2,50	-	0,11	2,00	1,00	0,03	0,05	0,02
<b>1.4462</b>	<b>S32205</b>	23,00	6,50	3,50	-	0,22	2,00	1,00	0,03	0,04	0,02
<b>1.4547</b>	<b>S31254</b>	20,50	18,50	7,00	1,00	0,25	1,00	0,70	0,02	0,03	0,01

Typ použité nerezové oceli pro výrobu nerezových bazénů závisí na obsahu dusičnanů, síranů, manganu, železa, mědi, vápníku, hořčíku, vodivosti, hodnotě pH, ale především na obsahu chloridů ve vodě daného místa (tabulka 2). Pro korozivzdornou ocel typu EN 1.4301 nejsou naměřeny a zpracovány limitní hodnoty jednotlivých parametrů. Hodnoty obsažené v této tabulce 2 jsou pouze orientační, jelikož jsou stanoveny za ideálních podmínek. Změna teploty vody, vlhkosti vzduchu, atmosférické srážky, hodnoty pH vody a další fyzikální i chemické parametry mohou vyvolat korozi na povrchu bazénu. Nejlepší je tedy daný typ korozivzdorné oceli na nějaký čas ponořit do specifikované vody, anebo používat pouze nejvíce legovanou korozivzdornou ocel [8].

**Tabulka 2 Limitní hodnoty parametrů při výběru typu korozivzdorné oceli [8]**

parametry	jednotka	limitní hodnota (při 35°C)		
		EN 1.4404	EN 1.4462	EN 1.4547
chlor (volný)	mg·l <sup>-1</sup>	0,50	0,50	0,50
chloridy	mg·l <sup>-1</sup>	200,00	1500,00	15000,00
dusičnany	mg·l <sup>-1</sup>	2,00	4,00	4,00
mangan	mg·l <sup>-1</sup>	0,04	0,04	0,04
měď	mg·l <sup>-1</sup>	2,00	2,00	2,00
pH	-	6,7–7,4	6,7–7,4	6,7–7,4
sírany	mg·l <sup>-1</sup>	0,20	0,20	0,20
vápník	mg·l <sup>-1</sup>	20,00	30,00	30,00
vápník a hořčík	mg·l <sup>-1</sup>	100,00	100,00	100,00
vodivost	mS·m <sup>-1</sup>	50,00	50,00	50,00
železo	mg·l <sup>-1</sup>	0,02	0,02	0,02

### **Austenitické oceli**

Jedná se o největší skupinu korozivzdorných ocelí, která se dělí do tří podskupin (chromniklová, chrommanganová, chromniklmolybdenová). Mezi austenitické vlastnosti patří odolnost vůči korozi, dobrá tažnost, tvarovatelnost a svařitelnost. Austenitické oceli jsou nemagnetické a jsou schopny si udržet svou austenitickou strukturu i v kryogenních podmínkách (do -195 °C). Nejčastěji přidávaným prvek do této skupiny oceli kromě chromu je molybden. Po přidání tohoto legujícího prvku je třeba zvýšit i obsah niklu, jelikož molybden podporuje feritické vlastnosti v oceli. Dusík se přidává za účelem zvýšení pevnosti austenitické skupiny a nijak neohrožuje koroziodolnost. Pouze v případě,

kdy v oceli je velmi nízký obsah uhlíku pod 0,01 %, tak dusík může podpořit náchylnost k mezikrystalové korozi. Mezi fyzikální vlastnosti této skupiny oceli patří: nízká tepelná vodivost, teplotní roztažnost a měrná tepelná kapacita, vysoká hustota a dobré termoelektrické vlastnosti [5, 6].

Typ korozivzdorné oceli EN 1.4301 (austenitická chromniklová ocel) má snadnou tvarovatelnost a vysokou odolnost proti korozi s výjimkou koroze mezikrystalové. Tato ocel je vhodná pro chemický, petrochemický, ropný a potravinářský průmysl [7].

Ocel typu EN 1.4404 (austenitická chromniklmolybdenová ocel) je velmi resistantní vůči chloridům a neoxidačním kyselinám. Používá se v textilním, celulosovém, potravinářském průmyslu a je vhodný i jako konstrukční materiál [7].

Super austenitická ocel je druh oceli, která má vylepšené některé vlastnosti díky vyššímu obsahu chromu (>20 %), niklu (>18 %) spolu s přidavkem molybdenu a dusíku. Výsledkem je dokonalejší ocel než klasické austenitické oceli. Vyniká odolností proti korozi, poškrábání a prasklinám v materiálu. Konkrétně typ EN 1.4547 (super austenitická chromniklmolybdenová ocel) má vynikající odolnost vůči lokalizované a stresové korozi. Využívá se například v chemickém průmyslu a pro výrobu odsolovacích zařízení mořské vody [7, 9].

### **Duplexní oceli**

Tato skupina nerezavějících oceli má feriticko-austenitickou mikrostrukturu s podílem 30–50 % feritu a 50–70 % austenitu. Podíl feritu závisí na tepelném zpracování a chemickém složení oceli. Duplexní oceli kombinují tedy dobré vlastnosti feritických a austenitických korozivzdorných oceli. Duplexní mikrostruktura přispívá k vysoké pevnosti a antikorozi, dobré svařitelnosti, nízké teplotní roztažnosti a vysoké odolnosti proti praskání materiálu. Pevnost u duplexních ocelí je výrazně lepší než u austenitických oceli a to hlavně díky tomu, že se zvyšujícím obsahem feritu v oceli zlepšuje i její pevnost. Ferit také způsobuje, že feriticko-austenitické oceli jsou magnetické. Charakteristické pro tuto skupinu nerezavějících ocelí je vysoký obsah chromu (20,1–25,4 %), ale nízký obsah niklu (1,4–7 %) ve srovnání s austenitickou skupinou. Molybden (0,3–4 %) a dusík obsažen v této skupině zlepšuje koroziodolnost a pevnost. Mangan slouží jako náhrada niklu, ale také zlepšuje rozpustnost dusíku v oceli [5, 6].

Typ EN 1.4462 (duplexní chromniklmolybdenová ocel) má dobrou odolnost proti korozi, poškrábání a praskání materiálu. Také vyniká svou pevností a pružností. Využívá

se v chemickém, petrochemickém a celulosovém průmyslu a rovněž při desalinizaci mořské vody [7].

### **Toxické kovy v oceli**

V korozivzdorné oceli se nachází několik toxických kovů, jako jsou: chrom, nikl, měď, mangan, molybden a železo.

### **Chrom (Cr)**

Jedná se o nejdůležitější legující, feritotvorný prvek, jelikož je základní přísadou pro dosažení pasivovatelnosti a antikorozní schopnosti. Chrom vytváří na povrchu tenkou, nepropustnou vrstvu chránící ocel před kyslíkem, který je hlavní příčinou koroze. Všechny korozivzdorné oceli obsahují minimálně 10,5 % chromu. Obsažený v oceli chrom a uhlík vytvářejí spolu karbidy. Pokud je v slitině nižší obsah chromu vzniká karbid železa ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) a karbid chromu ( $\text{Cr}_3\text{C}$ ). S větším obsahem chromu v oceli vzniká karbid železa ( $\text{Fe}_7\text{C}_3$ ) a karbid chromu ( $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ), který má největší tvrdost a později se vytváří karbid železa ( $\text{Fe}_{23}\text{C}_6$ ) a karbid chromu ( $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ). Rozpuštěné karbidy chromu v austenitu, zlepšují schopnost oceli dosáhnout hluboko pod povrchem, tvrdosti příslušné kalitelnosti dané slitiny (prokalitelnost). Nerozpuštěné karbidy chromu v oceli prokalitelnost snižují. Chrom také zvyšuje odolnost vůči oxidaci za vysokých teplot, popouštění, tvorbě okují, zlepšuje pevnost a podporuje feritické vlastnosti v mikrostruktuře [5, 6, 10, 11, 12].

Chrom je přirozeně vyskytující se prvek v životním prostředí. Tento prvek může mít různá oxidační čísla od -II do +IV. Obvykle se však vyskytuje pouze ve čtyřech formách a to:  $\text{Cr}^0$  (kov),  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  a  $\text{Cr}^{6+}$  [13, 14].

Pro výrobu oceli je nezbytný kovový chrom ( $\text{Cr}^0$ ). Chrom s oxidačním číslem +III a +VI se používají při moření a leptání oceli či dřeva, chromování, výroba barviv a vyčiňování kůží. Chrom z výroby se může dostat do půdy, vody a ovzduší. V ovzduší se chrom váže na prachové částice a setrvává ve formě vznosu přibližně 10 dní. Následně atmosférickou depozicí mokrou nebo suchou přechází do půdy a vody. Také se v ovzduší může vyskytovat ve formě emisí kyseliny chromové ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) způsobující vnější poškození rostlin a korozi povrchů. Ve vodním prostředí se chrom váže na sediment a částice nečistot, dochází tedy k jeho usazování na dnu. Chrom se přirozeně vyskytuje v nízkých koncentracích v půdě. Chrom s oxidačním číslem +VI se nesorbuje na půdní částice z důvodů záporně nabitého komplexu (chromanový anion,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ) a proto je

schopen v malém množství migrovat i k podzemní vodě. Nedochází ke kumulaci chromu v potravním řetězci [13, 14].

Kovový chrom ( $\text{Cr}^0$ ) je netoxický, ale v některých případech může způsobovat alergie [15].

Chrom s oxidačním číslem +III je biogenní prvek důležitý pro člověka a zvířata (savce), jelikož je nezbytný pro metabolismus cukrů, tuků a bílkovin. Významně také podporuje činnost inzulínu. Při nedostatku  $\text{Cr}^{3+}$  v organismu dochází k úbytku váhy, stresu, únavě a k nedokonalému odstraňování glukosy z těla.  $\text{Cr}^{3+}$  je prospěšný pro tělo pouze v nižších koncentracích, jelikož ve vyšších koncentracích je schopen způsobit zdravotní potíže. Při požití  $\text{Cr}^{3+}$  se mohou dostavit křeče, žaludeční potíže, následně může dojít k poškození jater nebo ledvin a při opravdu vysoké dávce i ke smrti jedince. Inhalace chromu má nežádoucí účinky na dýchací a imunitní systém. Při inhalaci vysokých koncentrací dochází k astmatickým záchvatům [13, 14].

Chrom s oxidačním číslem +VI je velmi toxický prvek pro člověka, zvířata, ale především pro ryby. Ve vodním a půdním prostředí se nesorbuje na tuhé částice půdy a sedimentu a proto je pohyblivější než  $\text{Cr}^{3+}$ . Jedná se o oxidační činidlo, které se, v přítomnosti organických látek za anaerobních podmínek, rychle redukuje na  $\text{Cr}^{3+}$ . Chrom s oxidačním číslem +VI je poměrně dlouho stabilní v aerobním prostředí bez přítomnosti organické hmoty. Při kontaktu s kůží má  $\text{Cr}^{6+}$  leptavé účinky vedoucí k vytvoření vředů na kůži. Inhalace způsobuje dýchací potíže, podráždění nebo poškození nosní sliznice a přepážky. Orální expozice způsobuje poškození trávicího traktu, negativně ovlivňuje ledviny a játra a může taky vyvolat šok nebo smrt. Jedná se o karcinogenní a mutagenní látku, která je i silný alergen [14, 15].

Přípustný expoziční limit (PEL) chromu s oxidačním číslem +II a +III v pracovním ovzduší je  $0,5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , nejvyšší přípustná koncentrace (NPK-P) v pracovním ovzduší je  $1,5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  a v odpadní vodě  $0,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . V případě chromu s oxidačním číslem +V je limitní hodnota PEL v pracovním ovzduší  $0,05 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , NPK-P v pracovním ovzduší je  $0,1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  a v odpadní vodě  $0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  [16, 17]

### Nikl (Ni)

Nikl patří také k velmi významným kovovým, austenitotvorným prvkům v korozivzdorné oceli. Mezi jeho hlavní vlastnosti patří zdokonalování tažnosti a houževnatosti. Také snižuje rychlost koroze i v redukčních kyselinách. Nikl spolu

s nižším obsahem uhlíku v oceli zlepšuje svařitelnost a podporuje austenitické vlastnosti v mikrostruktuře. Netvoří s uhlíkem karbidy, ale je rozpuštěn v oceli. Nikl mnohem lépe zlepšuje pevnost oceli než chrom, ale podstatně hůř než křemík nebo mangan[5, 6, 10].

Nikl je velmi hojně zastoupený přírodní prvek, který je přítomný v meteoritech, půdách, atmosféře a na mořském dně. Uvolňuje se při sopečné činnosti a při lesních požárech. Nikl se vyskytuje v oxidačních stavech od 0 do +III. Nejčastější formou je však  $\text{Ni}^{2+}$  [18, 19].

Z metalurgického průmyslu se nikl může dostat do vody, ovzduší a půdy. Ve vodě podobě jako chrom se váže na částice a klesá ke dnu. Váže se hlavně na sloučeniny železa a manganu. Nikl je také velmi toxický pro vodní organismy a negativně působí i na rostliny. Kořenovým systémem rostliny přijímají nikl z půdy a akumulují ho. Čím je půda kyselejší tím větší koncentraci niklu je schopna rostlina přijmout [18].

V malých koncentracích je nikl prospěšný pro organismus. Přesto se nikl řadí mezi jedy a alergen, jelikož má neurotoxické a nefrotoxické účinky. Na kůži vyvolává vyrážku, otoky, záněty a v některých případech dermatitidu. Při požití poškozuje trávicí trakt, ledviny, játra a při vstřebání narušuje krevní, mozkové cévy a srdce. Jedná se o teratogenní, mutagenní a karcinogenní látku vyvolávající rakovinu plic, hltanu a nosní přepážky [15, 18].

Limitní hodnota niklu v odpadní vodě je  $0,8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . V pracovním ovzduší je pro nikl přípustný expoziční limit (PEL)  $0,5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  a nejvyšší přípustná koncentrace (NPK-P)  $1,0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  [16, 17].

### **Měď (Cu)**

Měď se přidává do oceli za účelem snížení tvrdosti z důvodu lepší obrobiteľnosti a tvarovatelnosti. Zvyšuje odolnost vůči korozi i v kyselém prostředí ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ), zlepšuje kalitelnost a podporuje austenitické vlastnosti v mikrostruktuře. Naopak negativně ovlivňuje svařitelnost a houževnatost [5, 11].

Jedná se o přirozeně vyskytující prvek nezbytný pro lidský organismus, rostliny a živočichy. Měď je velmi důležitá pro tvorbu hemoglobinu, enzymů, pro správnou funkci centrálního nervového systému. Napomáhá také pro správný metabolismus železa, růst, vývoj kostí a dalších tkání. Vyskytuje se v oxidačních stavech +I a +II [20, 21].

Měď se uvolňuje do životního prostředí především z antropogenní činnosti a to z metalurgického průmyslu (výroba korozivzdorné oceli, povrchová úprava kovů), zemědělství (přípravky proti houbám, bakteriím a řasám) a spalování fosilních paliv.

Přírodně se uvolňuje při lesních požárech, sopečné činnosti a rozkladu biomasy a dochází k uvolnění do půdy, vzduchu a vody. Vlivem atmosférických srážek a sedimentací částic ze vzduchu dochází ke kontaminaci půdy a vody. V půdě měď přetrvává v horních částech, kde se nachází humusové látky, jelikož měď se poutá na organické složky. Ve vodním prostředí dochází k sedimentaci tohoto toxického kovu. Měď je vysoce toxická pro vodní organismy, viry a bakterie. Toxický účinek pro vodní organismy se zvyšuje se snížením hodnoty pH ve vodě, snížením koncentraci rozpuštěného kyslíku a poklesem tvrdosti vody. V tkáních ryb dochází ke kumulaci mědi [20, 21].

Při vysokých expozicích u lidí dochází k poškození ledvin a jater, k podráždění žaludku, střevním bolestem a vzniku chudokrevnosti. Nedostatek má za následek vypadávání vlasů, depigmentaci, nesprávný vývoji kostí a poruchy metabolismu mědi v organismu (Wilsonova a Menkeho choroba). Nadměrný přísun mědi je nebezpečnější pro děti nežli dospělí. Vznikají také kožní potíže: zánět kůže, svědění a ekzém. Při vystavení prachu a páram mědi dochází k podráždění očí a nosní sliznice, bolesti hlavy, kašel, vzniku horečky z kovů (příznaky podobné chřipce trvající po dobu 24 hod.) [20, 22].

Přípustný expoziční limit (PEL) mědi v podobě prachu v pracovním ovzduší je  $1,0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  a v podobě dýmu je  $0,1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Nejvyšší přípustná koncentrace (NPK-P) v pracovním ovzduší mědi v podobě prachu je  $2,0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  a v podobě dýmu  $0,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Mezní hodnota mědi v odpadní vodě je  $0,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  [16, 17]

### **Mangan (Mn)**

Mangan v nerezavějící oceli je austenitotvorným prvkem, který zlepšuje, prokalitelnost, odolnost vůči praskání svárů, zvyšuje rozpustnost dusíku a také se používá k dosažení vysokého obsahu dusíku v duplexních a austenitických korozivzdorných ocelí. Má vliv na rovnováhu austenitu a feritu v oceli, která se mění s teplotou. Při nízkých teplotách mangan je stabilizátorem austenitu, ale při vysokých teplotách stabilizuje ferit. Mangan ve feritu zlepšuje pevnost, ale snižuje tažnost oceli. Část manganu se v oceli rozpouští a část spolu s uhlíkem tvoří karbid železa ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) a karbid manganu ( $\text{Mn}_3\text{C}$ ) [5, 6, 10].

Mangan je stopový prvek v přírodě vyskytující se v oxidačních stavech +II a +III. Je nezbytný pro normální fyziologické fungování u lidí a zvířat. Ovlivňuje syntézu sacharidů,



cholesterolu a mastných kyselin v játrech. Do organismu se mangan může dostat trávicím ústrojím nebo inhalační expozicí. Vystavení se vysokým koncentracím manganu má, ale negativní účinky na zdraví, může vést ke snížení reprodukčních schopností, poškodit dýchací systém, narušit centrální nervový systém a spekuluje se o jeho mutagenních účincích [21, 23].

Nedostatek manganu v organismu vede k snížení tělesné hmotnosti, zpomalení růstu kostí a vlasů, nevolnostem a vzniku dermatitidy. Akutní toxicita se projevuje závažnými psychickými stavy, podrážděností, úzkostí, halucinacemi a násilnými činy. Chronická toxicita může vést k dlouhodobým neurologickým poruchám s bolestí hlavy, svalovou slabostí a poruchám řeči. Chronická inhalační expozice vysokým koncentracím může mít za následek vznik bronchitidy, kašle, dušnosti, horečky z kovu a otravy manganem (manganismus – slabost, letargie, poruchy chůze a řeči, psychické potíže) [23].

V životním prostředí je mangan nebezpečný hlavně pro vodní organismy [23].

Přípustný expoziční limit (PEL) v pracovním ovzduší pro mangan je  $1,0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  a nejvyšší přípustná koncentrace (NPK-P) manganu v pracovním ovzduší je  $2,0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Mezní hodnota manganu v odpadní vodě není stanovena [16, 17].

### **Molybden (Mo)**

Jedná se o feritotvorný prvek v korozivzdorné oceli, který zvyšuje odolnost proti lokalizované korozi (štěrbínová a bodová koroze) ve všech prostředích kromě horkého roztoku kyseliny dusičné. Zlepšuje pevnost i při vysokých teplotách a podporuje feritické vlastnosti v mikrostruktuře. V oceli se určitá část molybdenu rozpouští a část spolu s uhlíkem tvoří karbidy jako například karbid železa ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) nebo karbid molybdenu ( $\text{Mo}_3\text{C}$ ) a to v případě nižšího obsahu molybdenu v oceli. V kombinaci s chromem zlepšuje prokalitelnost a žárupevnost, ale ne žáruvzdornost [5, 6, 10, 11].

Molybden je kovový, stopový prvek, který je přítomen v několika enzymech v organismu. Molybden je relativně netoxický, i když vysoké koncentrace mohou být příčinou vysokých hladin kyseliny močové v krvi a moči, zvýšeného výskytu dny, deformací kostí, poškození dýchacího systému (dýchací potíže, kašel, poškození plic), bolesti hlavy, kloubů a svalů. Toxický účinek molybdenu je také vázán na koncentraci mědi v potravě. Při nedostatku mědi dochází k zvýšení toxicity molybdenu a naopak nadbytek mědi v potravě vede k ochraně před toxickými účinky molybdenu. Nedostatek molybdenu vede k mentálním poruchám, zpomalení motoriky a slabosti [24].

Vyskytuje se v životním prostředí jen v malých koncentracích. Ve vodě dochází k usazování molybdenu v sedimentu. V půdě se nacházejí o něco vyšší koncentrace, které jsou ale, prospěšné pro růst rostlin. Rostliny kumulují molybden převážně v nadzemních částech [21].

Limitní koncentrace molybdenu v odpadní vodě  $1,0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Přípustný expoziční limit (PEL) v pracovním ovzduší pro molybden je  $5,0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  a nejvyšší přípustná koncentrace (NPK-P) manganu v pracovním ovzduší je  $25,0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  [16, 17].

### **Železo (Fe)**

Železo je v korozivzdorné oceli hlavní složkou. Je tedy obsažen ve všech typech nerezových ocelí a k němu jsou přidávány legující kovy k dosažení antikorozi schopnosti.

Patří mezi nejhojnější prvky na zemi, ale v přírodě se nevyskytuje v kovové formě.  $\text{Fe}^0$ , tedy kovové železo, se získává z železné rudy, což je hornina přirozeně obsahující železo. V přírodě se vyskytuje železo v oxidačních stavech +II a +III [25].

Železo je důležitým stopovým prvkem. Obsažen je v hemoglobinu, cytochromech a je nezbytný pro správnou funkci buněk. Používá se k léčbě chudokrevnosti. V doporučených denních dávkách železo nemá nepříznivé účinky pro tělo. Při vysokých dávkách způsobuje závažné toxické účinky zejména na játra. Akutní předávkování má čtyři fáze. V první fázi, která nastává 6 h po požití, se projevuje zažívacími problémy. Mezi další příznaky patří nízký krevní tlak, zvýšená tepová frekvence a deprese. Druhá fáze se projevuje bez příznaků, člověk se cítí jako zdravý (remise). V třetí fázi se znovu objevují zažívací potíže spojené s šokem, komatem, jaterní nekrózou, selháním ledvin a plicním edémem. Čtvrtá fáze se může projevit až po několika týdnech po požití a projevuje se poškozením jater. Pro malé děti je nebezpečná dávka  $75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Za latentní dávku se považuje hodnota  $180 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Inhalace vede ke vzniku siderózy (ukládání železa v plicích) [25].

Přípustný expoziční limit (PEL) železa v pracovním ovzduší je  $10,0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  a mezní koncentrace železa v odpadní vodě  $2,0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  [16, 17].

## **2.2 Koroze**

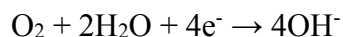
Koroze je postupná degradace kovu chemickými nebo elektrochemickými reakcemi s okolním prostředím (obrázek 1). Výsledkem koroze je ztráta vlastností materiálu, jako je mechanická pevnost, vzhled a nepropustnost pro kapaliny a plyny [5].



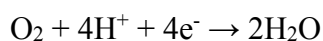
Obrázek 1 Kontaminace korozivzdorné oceli železem

Existují dva druhy koroze: mokrá koroze a koroze za vysokých teplot. **Koroze za vysokých teplot** vzniká v horkých plynech při teplotě 500–1200 °C. Mezi tuto korozi patří hlavně oxidační koroze. **Mokrá koroze** označuje rozleptávání materiálů v kapalinách nebo ve vlhkém prostředí. Je to proces probíhající mezi katodou a anodou. Na anodě kov koroduje a vytváří rez. U katody dochází k redukční reakci, tedy ke snížení atomového čísla u kyslíku nebo vodíku. V rozdílných prostředích vznikají tyto reakce [5]:

- neutrální nebo zásadité prostředí:



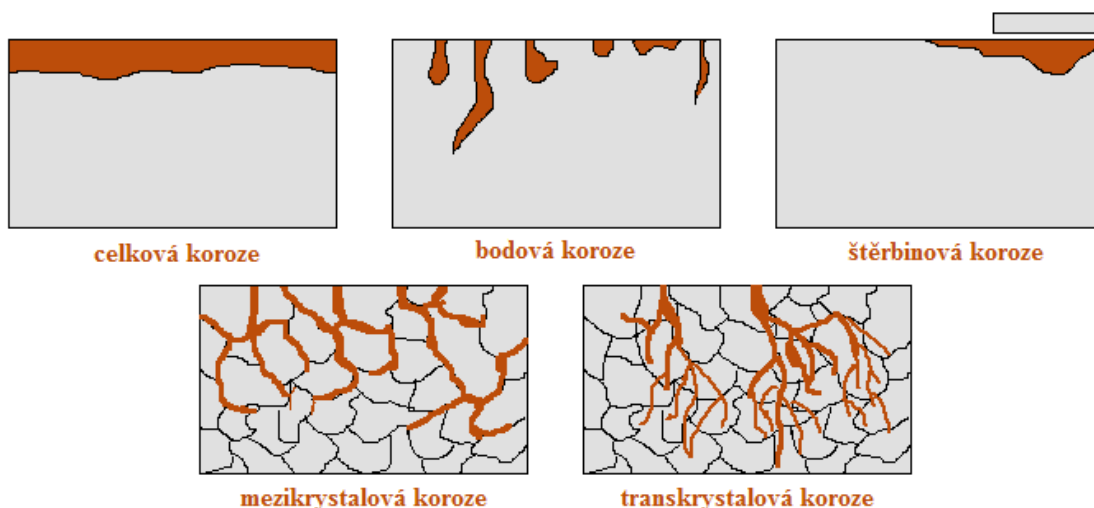
- kyselé prostředí:



- výrazně redukční prostředí:



Mezi mokrou korozi se řadí: celková, bodová, štěrbinová, mezikrystalová, transkrystalová, galvanická, atmosférická koroze a také koroze vzniklá opotřebením (obrázek 2) [5].



Obrázek 2 Vybrané druhy mokré koroze [26]

### **Celková koroze**

Celková koroze nastává v případě zničení celoplošně nebo velké části pasivní vrstvy. Na korozivzdorné oceli může dojít k rovnoměrné, celkové korozi oceli v kyselinách nebo horkých alkalických roztocích. Obecně se agresivita prostředí zvyšuje s teplotou, zatímco účinek koncentrace agresivní látky je proměnlivý. V prostředí s konstantní teplotou a chemickým složením dochází k rovnoměrné korozi při neměnné rychlosti. To znamená, že u celkové koroze můžeme měřit rychlost korodování. Rychlost koroze se vyjadřuje jako ztráta tloušťky v čase ( $\text{mm} \cdot \text{rok}^{-1}$ ). V oxidačních kyselinách, jakou je kyselina dusičná, jsou korozivzdorné slitiny schopné udržet pasivní vrstvu, ale horká, koncentrovaná kyselina dusičná ( $\text{HNO}_3$ ) a kyselina chromová ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) jsou schopny narušit pasivní vrstvu a vytvořit prostředí pro vnik koroze. Odolnost vůči celkové korozi se zvyšuje s obsahem chromu, niklu a molybdenu, ale v silně oxidačním prostředí molybden působí více negativně než pozitivně na antikorozi. Silně redukční kyseliny, jako jsou kyselina chlorovodíková ( $\text{HCl}$ ) a kyselina fluorovodíková ( $\text{HF}$ ), snadno rozkládají pasivní vrstvu nerezových ocelí s neschopností obnovy této ochranné vrstvy [5, 6].

### **Štěrbínová a bodová koroze**

Štěrbínová a bodová koroze jsou si velmi podobné s ohledem na faktory, které ovlivňují jejich výskyt. Korozivzdorné oceli jsou především citlivé na štěrbinovou a bodovou korozi v roztocích obsahujících halogenidové ionty a to především chloridy. Prostředí, které zvyšuje riziko vzniku těchto druhů korozi, zahrnují mořskou vodu a procesní roztoky obsahující vysoké koncentrace chloridů. Nízká koncentrace chloridů

(<100 mg·l<sup>-1</sup>) může také způsobit bodovou nebo štěrbinovou korozi. Mezi další faktory, které zvyšují pravděpodobnost vzniku štěrbinové a bodové koroze, patří: zvýšená teplota, nízká hodnota pH a kontakt s oxidačními chemikáliemi. U obou typů koroze je pozorována inkubační doba, která se může pohybovat od několika hodin až po několik měsíců [5].

U bodové koroze dochází k porušení pasivní vrstvy a v místě tohoto porušení vzniká důlek. Poškozená nebo oslabená pasivní vrstva vede ke vzniku koroze a malá plocha, která není již chráněná ochrannou, pasivní vrstvou se stává anodou. Jelikož tato anodová oblast je malá ve srovnání s velkou katodovou oblastí nepoškozeného pasivního filmu, tak dochází ke vzniku koroze velmi rychle. Hodnota pH v důlku je nižší než v okolním prostředí a to v důsledku rozpouštění kovových iontů. Jako první se rozpouští železo (Fe<sup>2+</sup>) a tím se koncentruje chrom na povrchu oceli. Později dochází k rozpouštění Cr<sup>3+</sup>, Ni<sup>2+</sup> a Mo<sup>3+</sup>. Nejvíce hodnotu pH snižuje hydrolyza Cr<sup>3+</sup> a Mo<sup>3+</sup>. V prohlubni dochází také k migraci a koncentraci chloridových iontů a to za účelem vyvážení kladných nábojů kovových iontů. Tím se postupně stávají podmínky v důlcích agresivnější a koroze se může šířit vysokou rychlostí. Bodová koroze může být na povrchu viditelná nebo skrytá a to v případě, že se koroze rozšiřuje pod povrchem [5, 6].

Konkrétně u štěrbinové koroze dochází ke korodování v trhlínách, které mohly vzniknout při povrchových úpravách korozivzdorných oceli. Ve štěrbině je omezený přísun kyslíku a díky tomu je v těchto místech oslabená pasivní vrstva. Čím je trhlina méně hluboká a více otevřená, tím bude menší riziko vzniku štěrbinové koroze. Stejně jako u bodové koroze v trhlíně dochází ke snížení hodnoty pH vlivem rozpouštění kovových iontů a migraci chloridových iontů. Dochází k rozpadu pasivní vrstvy a agresivní prostředí usnadňuje průběh koroze [5, 6].

### **Koroze pod napětím**

Tato koroze se nejčastěji vyskytuje v prostředích obsahujících chloridy, ale může se také vyskytovat v koncentrovaných alkalických roztocích s obsahem hydroxidů. Koroze může nastat již při nízké koncentraci chloridů a zvýšené teplotě (>60 °C). Ve vodách obsahujících hydroxidy (např. hydroxid sodný, NaOH) vzniká tato koroze na nerezové oceli při teplotě (>100 °C). Přesto existují případy, kdy může dojít ke korozi pod napětím již při teplotě 30 °C a to v prostředí bazénových vod. Koroze pod napětím neboli korozivní praskání může být mezikrystalové a tanskystalické. Tento druh koroze se velmi obtížně předvídává a mívá velmi rychlý průběh. Standardní austenitické oceli jsou obecně

náchylné na chloridy a tím i stresující korozi pod napětím. Zvýšený obsah niklu a molybdenu v oceli předchází korozivnímu praskání [5, 6].

Mezikrystalová koroze probíhá mezi krystaly tedy podél hran jednotlivých zrn v oceli. Mezikrystalová koroze může vzniknout jako důsledek srážení karbidu chromu nebo intermetalických fází. Vysoký obsah uhlíku (0,15 %) v oceli podporuje mezikrystalovou korozi, ale dnešní moderní způsoby výroby umožňují snížit obsah uhlíku a tím tomu předcházet. Přesto může dojít k mezikrystalové korozi a to v případě, že nerezová ocel je vystavená teplotám v rozsahu 550–850 °C. Karbidy chromu ( $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ) se mohou vysrážet podél hranic zrn a ochudit o chrom povrchovou vrstvu, což naruší antikorozi slitiny napadené mezikrystalovou korozi, ocel ztrácí soudržnost, pevnost, kovový zvuk a v poslední fázi korodování se ocel rozpadá na jednotlivá zrna [5, 6, 27].

Transkrystalická koroze proniká přímo přes krystaly a dochází k narušení zrn i vevnitř. Vznikají trhliny procházející jednotlivými zrny. Tato koroze je vyvolávána především chloridy [6].

### **Koroze opotřebením**

Ocel, která je neustále, cyklicky zatížená může selhat z důvodu únavy materiálu. Pokud je materiál vystaven korozivnímu prostředí může dojít k selhání již při nižší zátěži a za kratší časový úsek. Ke korozi opotřebením dochází již při teplotách okolního prostředí. Nejsou nutné tedy zvýšené teploty jako u ostatních korozi. Korozivní, únavové trhliny jsou méně rozvětvené než trhliny v důsledku korozi pod napětím. Této korozi prokazatelně lépe odolává duplexní korozivzdorná ocel než austenitická korozivzdorná ocel a to hlavně díky vyšší pevnosti duplexní oceli [5].

### **Galvanická koroze**

Galvanická koroze může nastat, pokud dojde ke spojení odlišných kovů a vystavením korozivnímu prostředí. Obvykle tato koroze se netýká korozivzdorné oceli, pouze v případě že dojde ke spojení nerezové oceli s uhlíkovou, pozinkovanou oceli, mědi nebo mosazi. V těchto případech se mohou vytvořit podmínky pro galvanickou korozi [5].

### **Atmosférická koroze**

Atmosférická koroze zahrnuje všechny druhy koroze vznikající na povrchu korozivzdorných ocelí s výjimkou, že koroze vzniká v důsledku vlivů okolní atmosféry. Atmosférická koroze může probíhat ve venkovním prostředí ale i vnitřním prostředí. Nejčastěji způsobují tuto korozi chloridy, jelikož se v prostředí vyskytují hojně [5].

### **Oxidační koroze**

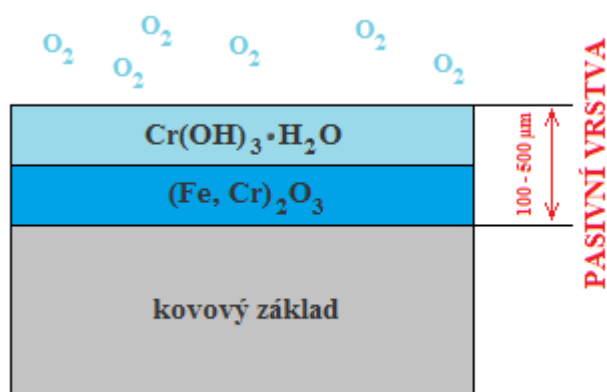
K této korozi dochází při vystavení korozivzdorné oceli oxidačnímu prostředí v místě zvýšené teploty. Na povrchu oceli se vytváří oxidová vrstva, která působí jako bariéra mezi kovem a plynem. Narušuje se tak pasivní vrstva chránící ocel před korozi. Oxid chromitý ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) obsažený na povrchu oceli zvyšuje antikoroznost z 0 na 27 % a maximální provozní teplotu z 500 °C na 1150 °C. Přidáním křemíku do oceli se výrazně zvýší odolnost proti oxidaci. Oxidy jsou zpravidla přínosné, ale existují prvky, které mají tendenci tvořit kapalné a některé plynné oxidy vedoucí k nepříznivé oxidaci. Negativní oxidace se obvykle vyskytuje v teplotním rozsahu 640–950 °C. V přítomnosti prvků, jejichž oxidy buď se rozpouští, anebo tvoří eutektiku (tuhá směs dvou látek) s oxidem chromitým. Vodní pára v atmosféře snižuje odolnost proti oxidaci a také snižuje teplotu přibližně o 50–150 °C při, které vzniká oxidace. Všechny korozivzdorné oceli obsahující chrom jsou ovlivněny atmosférickou vodní párou při poměrně nízkých teplotách. V přítomnosti vodní páry a v důsledku odpařování chromu z oceli dochází ke vzniku míst se spotřebovaným chromem. V těchto místech ocel není chráněná, ale vytváří se oxidová vrstva bohatá na železo vedoucí ke korozi povrchu [5].

Aby nedocházelo ke korozi nerezových oceli a tedy k znehodnocování tohoto materiálu, je třeba předcházet mokré korozi a korozi za vysokých teplot. V korozivzdorné oceli funkci, zabráňující vzniku koroze, plní pasivní vrstva a legující kovy obsažené v slitině [5].

### **Pasivní vrstva**

Korozivzdorná ocel je chráněná pasivní vrstvou, která spontánně vytváří na povrchu velmi tenký, ochranný film, jehož tloušťka se pohybuje od 100 μm do 500 μm. Podmínkou pro správnou funkci a schopnost obnovy této pasivní vrstvy je obsah chromu v oceli minimálně 10,5 % a také přístup kyslíku ze vzduchu nebo provzdušněného vodního prostředí. Pasivní film je složen hlavně z oxidů a hydroxidů železa a chromu, ale může být taky obohacen o molybden či křemík (obrázek 3). Hlavním úkolem pasivní vrstvy je chránit ocel před kontaktem s reaktivním okolním prostředím, které by mohlo vést ke korozi. V místech zničení, např. škrábance, je pasivní vrstva schopná znovuo obnovy antikorozní funkce. Pokud dojde k rozsáhlejšímu nebo závažnějšímu narušení vlivem agresivity prostředí (hodnota pH, teplota, kontaminace nebo nevhodná úprava, výroba či

údržba), může dojít ke vzniku nežádoucí korozi a pak je nutná restituce ochranné vrstvy [4, 5, 6].



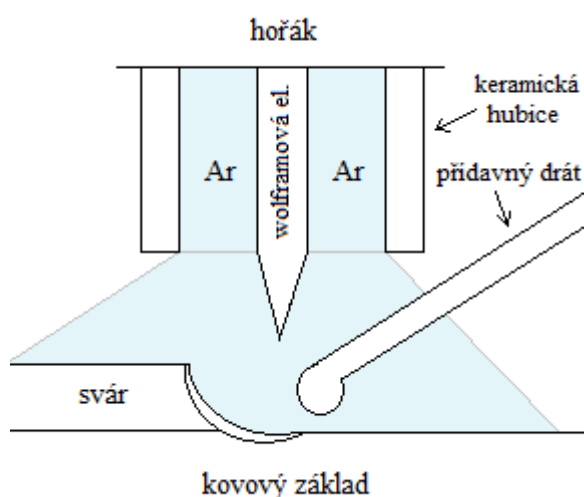
Obrázek 3 Pasivní vrstva [5]



### 3 SVAŘOVÁNÍ

Svařování je proces, kdy dochází ke spojení dvou a více součástí stejného materiálu. Místo spoje se nazývá svár. Existují různé metody svařování a to metody: MIG (svařování tavicí elektrodou v inertním plynu), MAG (svařování tavicí elektrodou v aktivním plynu), MMA (svařování s obalovou elektrodou), TIG (svařování netavicí elektrodou v inertním plynu), svařování plamenem či svařování laserem [28].

Části nerezových bazénu se svařují pomocí metody TIG s neodtavnou wolframovou elektrodou a s pomocí přídavného drátu v inertním plynu (obrázek 4). Pod ochrannou inertní atmosférou, v podobě argonu, dochází k tavení přídavného kovu mezi wolframovou elektrodou a vznikajícím svárem. Teplo potřebné pro tavení vzniká díky hoření elektrického oblouku. Výhodou této metody je omezené poškození slitiny tepelným zbarvením (nedochází k rozstříku), kvalitní, hluboké, pevné sváry a pomalé opotřebování elektrod [29].



Obrázek 4 Svařování metodou TIG [6]

Wolframové elektrody kromě wolframu obsahují lanthan nebo thorium. Wolfram obalený těmito prvky se velmi málo opotřebovává. Na trhu je spousta druhů těchto elektrod, ale používají se při výrobě bazénu pouze 3 typy: WL 15 (zlaté) obsahující wolfram a 1,5 %  $\text{LaO}_2$ , WT 20 (červené) obsahující wolfram a 2 %  $\text{ThO}_2$  a WT 30 (fialové) obsahující wolfram a 3 %  $\text{ThO}_2$ . Elektrody se musejí brousit do špičky z důvodu větší kvality sváru. Dochází tedy ke vzniku prachu obsahujícího wolfram, thorium a lanthan [30].

Jako přídavný materiál se používá vysokolegovaný drát obsahující podobně jako korozivzdorná ocel chrom, nikl, mangan, molybden, křemík a uhlík. Používají se dráty o průměru 1,6 mm a 2,0 mm [31].

Jako inertní plyn u tohoto procesu je využíván čistý argon, který nijak nereaguje s dalšími prvky a je vhodný pro ruční svařování. Má za úkol chránit před okolním vzduchem, udržovat stabilní elektrický oblouk a regulaci průvaru [29].

### Toxické prvky uvolněné při svařování

Svařování má negativní účinky na životní prostředí a člověka, jelikož vzniká svařovací kouř a prach obsahující nebezpečné prvky a toxické kovy. Z wolframových elektrod se uvolňuje wolfram, radioaktivní thorium a lanthan. Přídavný materiál obsahuje toxické látky (Cr, Ni, Mn, Si, C, Mo), které se taky uvolňují. Pouze argon není nijak škodlivý, jelikož nereaguje s ostatními složkami.

Ve firmě vyrábějící nerezové bazény bylo provedeno měření vybraných faktorů ohrožujících zdraví svářečů, kde byla naměřená nadlimitní koncentrace chromu s oxidačním číslem +VI (tabulka 3) [32].

**Tabulka 3 Výsledky měření u svářečů a porovnání s limity [16, 32]**

faktor	limitní vyjádření	limitní hodnota	naměřená hodnota
		mg·m <sup>-3</sup>	mg·m <sup>-3</sup>
prach (svářečský dým)	PEL	5,000	1,900
chrom (VI)	PEL	0,050	0,059
	NPK - P	0,100	0,029
molybden	PEL	5,000	0,011
	NPK - P	25,000	0,004
nikl	PEL	0,050	0,035
	NPK - P	0,250	0,022

Svařovací dým z korozivzdorné oceli je tedy potenciálně zdraví škodlivý. Uvolňují se z něj částice chromu s oxidačním číslem +III a až 70 % chromu s oxidačním číslem +VI. V nižších koncentracích částice manganu, niklu a železa. Dým obsahuje vysoce oxidované oxidy železa, chromu a manganu. Duplexní korozivzdorná ocel vytváří svařovací dým s největším obsahem Cr<sup>6+</sup>. Železo, chrom a mangan jsou přítomny v svařovacím dýmu v nejvyšších oxidačních stavech. Je nutné zmínit, že provádění

svařovacích operací poblíž odmašťovačů, čističů nebo rozprašovačů obsahující chloroform nebo tetrachlormethan mohou vést ke vzniku fosgenu a to hlavně v blízkosti horka z elektrického oblouku [33].

Toxické kovy a sloučeniny uvolňované při sváření kromě, již výše popsaných (Cr, Ni, Mo, Mn) jsou: wolfram, thorium, lanthan a fosgen.

### **Wolfram (W)**

Wolfram je v metalurgii významný hlavně díky vysokému bodu tání (3410 °C) což vede k zlepšování pevnosti i při vysokých teplotách. Mezi další významné vlastnosti wolframu patří zvyšování tažnosti a tvrdosti oceli, odolnost vůči kyselinám, dobrá vodivost elektrického proudu a tepla [21].

Wolfram je přirozeně vyskytující prvek v minerálech (wolframit). Vyskytuje se v oxidačních stavech +II až +VI. Do životního prostředí se dostává hlavně z antropogenní činnosti: metalurgický průmysl, kosmický průmysl a elektrotechnický průmysl [21].

Pokud dojde k uvolnění wolframu do ovzduší, vyskytuje se jako součást částic nacházejících se v okolním vzduchu. Sloučeniny wolframu mohou být odstraněny z atmosféry vlivem suché nebo mokré depozice a tím kontaminovat půdu nebo vodu. V půdě má wolfram nízkou pohyblivost a vyskytuje se jako iont nebo nerozpustná pevná látka. Z toho důvodu nedochází k nebezpečí výparu wolframu znovu do ovzduší. Pokud dojde k uvolnění do vody, wolfram ulpí na nerozpustných pevných látkách a sedimentu [34].

Tento prvek negativně působí zejména na dýchací soustavu. Způsobuje kašel, změny plicního parenchymu a difúzní intersticiální poruchy plic. Může dojít také k výraznému snížení tělesné hmotnosti [21].

### **Thorium (Th)**

Thorium je přirozeně se vyskytující radioaktivní látka. Malé množství thoria je přítomno v minerálech, půdě, vodě, rostlinách a zvířatech. Dochází k rozkladu thoria na dvě části – menší část tvoří alfa záření a větší část produkt rozpadu. Během procesu rozpadu vznikají radioaktivní látky, jako jsou radium a radon. Thorium, ale představuje minimální zdravotní riziko, mnohem nebezpečnější je oxid thoričitý (ThO<sub>2</sub>) [35].

Oxid thoričitý po inhalační expozici způsobuje krevní poruchy, poškození jater, anemii a leukémii. Vznikají nádory v játrech, slezině, ledvinách, kostní dřeni, lymfatických uzlinách a plicích. Doba latence pro vývoj nádorů je dlouhá přibližně 15 let. Oxid thoričitý

může proniknout do těla ve formě kapaliny nebo vdechováním plynu či prachu oxidu thoričitého [35].

### **Lanthan (La)**

Lanthan je přechodný, toxický kov způsobující poškození jater a srážlivost krve. Někteří autoři popisují účinky podobné, jako má prvek cer nebo hliník. O lanthanu a jeho toxicitě je velmi málo informací. Proto se jen spekuluje, že může způsobovat zhoubné nádory nebo leukemii [15].

### **Fosgen (COCl<sub>2</sub>)**

Fosgen je reaktivní a toxický plyn. Tato chemická látka v minulosti byla využívána jako chemický, válečný, dusivý, otravný plyn, který je extrémně toxický již při krátkodobé inhalační expozici. Má závažné respirační účinky vedoucí ke vzniku plicního edému, plicního emfyzému, kardiovaskulárního selhání a smrti. K úmrtí jedince může dojít během 36 h. Bylo prokázáno, že dlouhodobá inhalační expozice fosgenu vede ke vzniku fibrózy. Tento plyn má také silně dráždivé účinky na kůži a oči. Fosgen se snadno rozpouští v tucích a podporuje buněčné procesy vedoucí k vyčerpání energie v buňce. Toxický je tedy při všech cestách (inhalačních, dermálních i orálních) [36, 37].

Do životního prostředí se může uvolňovat fosgen z odpadní vody a z průmyslových emisí. Pokud se uvolní do půdy, předpokládá se, že fosgen má vysokou mobilitu a je schopen migrovat do podzemní vody. Ze suché půdy dochází k uvolnění fosgenu do atmosféry. Fosgen v plynné fázi se v atmosféře velmi pomalu rozkládá, poločas rozpadu se odhaduje na 44 let. V případě uvolnění do vody nedochází k poutání na pevné části a sediment, ale látka rychle hydrolyzuje [36].

## 4 OBRÁBĚNÍ

Obrábění je mechanické odebrání kovů z povrchu oceli za účelem dosažení požadovaného tvaru nebo struktury povrchu. Při výrobě nerezových bazénů se používají metody obrábění, jako jsou: řezání, vrtání, broušení a leštění. Korozivzdorné oceli jsou náročnější na proces obrábění než uhlíková ocel. Platí, že čím více je legujících prvků v oceli, tím obtížnější obrábění je. Při obrábění nerezové oceli je důležité používat výhradně materiály určené pro obrábění korozivzdorných slitin. Z důvodu problematického obrábění jsou k tomu určeny pevnější materiály, které mají prodlouženou životnost [38].

**Řezání** lze rozdělit na řezání za studena (stříhání, děrování a dělení) a tepelné řezání (plasmové a laserové). Při řezání za studena korozivzdorných oceli je třeba odolnější řezný materiál a větší řeznou sílu, než při řezání uhlíkové oceli. Jsou k tomu určeny různé pily: automatické, poloautomatické, ruční, obloukové, kruhové a pásové. Hlavním problémem řezání za studena je rychle opotřebení nástrojů, řezných materiálů (řezné kotouče, listy a pásy) a vznik otřepů (obrázek 5). Při tepelném řezání (plasmové a laserové) vzniká daleko menší množství otřepů, je tedy vhodnější a přesnější [6, 38].



Obrázek 5 Otřepy na korozivzdorné trubce DN 50 řezané pomocí poloautomatické, pásové pily

**Broušení** je odstraňování kovu z povrchu za účelem jemnější a hladší struktury povrchu korozivzdorných výrobků bez ohrožení korozivzdornosti. Jako brusivo se používají: lamelové kartáče, lamelové kotouče, brusné kotouče, brusné pásy, fibrové disky a Trizact s různou zrnitostí. Brusné materiály jsou vyrobeny z keramických zrn a z odolného polyesterového vlákna. Broušení brusnými kotouči nebo pásy s velmi hrubým zrnem (P 36) způsobuje hluboké povrchové narušení. Další broušení by mělo probíhat

v krocích s dvojitou hodnotou zrnitosti v jednotlivém kroku ( $P\ 80 \rightarrow P\ 160 \rightarrow P\ 320$ ), dokud se nedosáhne požadované drsnosti povrchu. Brusivo by mělo být vždy vyměněno před úplným opotřebením brusných materiálů (obrázek 6). Opotřebené brusivo namáhá a narušuje povrch namísto odstraňování kovu. Nesmí také dojít k přehřátí korozivzdorného materiálu nad  $200\ ^\circ\text{C}$  vlivem nadměrného broušení, což vede k oxidování povrchu a vzniku oxidační vrstvy (oslabená antikoroznost). Brusivo určené na korozivzdornou ocel musí být používáno pouze na tento druh slitiny, aby nedošlo k znečištění povrchu korozivzdorné oceli železem [38, 39, 40].



Obrázek 6 Porovnání neopotřebovaného a opotřebovaného brusného pásu P 80

Leštění je velmi podobné jako broušení, ale s použitím velmi jemnozrných leštících kotoučů, pásů a za použití leštící pasty. Cílem této metody je dosáhnout požadovaného lesku korozivzdorného materiálu. U leštění se musí také dbát na to, aby nedošlo k přehřátí povrchu, které může vést k narušení pasivní vrstvy [39].

Leštící pasty obsahují tukový základ, abrazivní materiál a oxid hlinitý ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) [41].

### **Oxid hlinitý ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )**

Jedná se o bílý krystalický prášek, který se přirozeně vyskytuje v minerálech jako bauxit a korund. Používá se pro leštění, broušení, pro výrobu žáruvzdorných materiálů a také k výrobě dentálního tmelu. Oxid hlinitý má velmi dobrou tavitelnost a tvrdost [42].

Pokud se v ovzduší vyskytuje v podobě prachu, je nebezpečný při vdechnutí. Má dráždivé účinky na dýchací cesty, pokožku a oči [42].

Nejnižší toxická dávka pro potkana je  $225\ \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Kromě dráždění dýchacího systému bylo zjištěno, že je oxid hlinitý karcinogenní [42].

Při obrábění (řezání, vrtání, broušení a leštění) vzniká polétavý prach o různé velikosti částic.

#### 4.1 Prachové částice

Prachové částice jsou tuhé, polétavé látky vyskytující se v atmosféře. Částice prachu jsou velmi důležité, jelikož se podílí na vzniku srážek a teplotní bilanci. Přirozeně se prachové částice do ovzduší dostávají z lesních požárů, sopek, rostlin (pyl) a mořské vody. Kromě pozitivních vlastností mají prachové částice hlavně negativní vliv na člověka a životní prostředí. V zemské atmosféře se nachází polétavý prach hlavně z antropogenní činnosti (spalování fosilních paliv, vysokoteplotní procesy a těžební činnost). Nebezpečné pro člověka jsou prachové částice o velikosti 0,1–10  $\mu\text{m}$ . Sledují se tedy prachové částice  $\text{PM}_{1,0}$  (do 1,0  $\mu\text{m}$ ),  $\text{P}_{2,5}$  (do 2,5  $\mu\text{m}$ ) a  $\text{PM}_{10}$  (do 10  $\mu\text{m}$ ) [43, 44].

Vlivem mokré nebo suché depozice dochází k usazování prachových částic na zemském povrchu. Čím větší prachová částice je, tím kratší dobu setrvává ve formě vznosu v ovzduší. Tuhá látka  $\text{PM}_{10}$  se usazuje již po několika hodinách a  $\text{PM}_{1,0}$  až po několika týdnech. Při usazení prachových částic na orgánech rostliny konkrétně na listech dochází k negativnímu ovlivnění procesu fotosyntézy a dýchání rostliny. U zvířat představují riziko inhalační depozice prachových částic, které vstupují do dýchací soustavy a tím jí poškozují [44].

Pro člověka je nebezpečná hlavně inhalační cesta. Nebezpečnost závisí na velikosti částic, čím jsou částice prachu menší, tím jsou nebezpečnější, jelikož jsou schopny proniknout hlouběji do lidského organismu a riziko vyplývá také z chemického složení prachových částic. Na polétavý prach se snadno vážou některé toxické látky (toxické kovy, sírany, amonné ionty a organické látky). Částice větší než 10  $\mu\text{m}$  nevedou k vážným zdravotním potížím a to z důvodu, že jsou zachyceny již v horních cestách dýchacích (nos, dutina nosní). Tuhé látky  $\text{PM}_{10}$  pronikají až do dolních cest dýchacích (průdušky) a způsobují podráždění dýchací soustavy. Ty nejmenší částice <1,0  $\mu\text{m}$  pronikají ještě hlouběji a to do plicních sklípků a krevního řečiště a tím představují největší zdravotní riziko. Vystavení prachových částic může vést k vzniku bronchitidy, chronické plicní choroby a rakoviny plic [44, 45].

Při výrobě nerezových bazénů a to hlavně při procesu broušení, leštění a svařování mohou vnikat prachové částice dokonce o velikosti 0,02  $\mu\text{m}$ , které obsahují toxické kovy (chrom, nikl, molybden, mangan a železo) [44].

Ve firmě vyrábějící nerezové bazény bylo provedeno měření prachových částic (oxidy železa) ohrožujících zdraví brusičů, kde byla naměřená nadlimitní hodnota (tabulka 4). Mezní hodnota byla překročená o 63 % [32].

**Tabulka 4 Výsledky měření u brusičů a porovnání s limitní hodnotou [16, 32]**

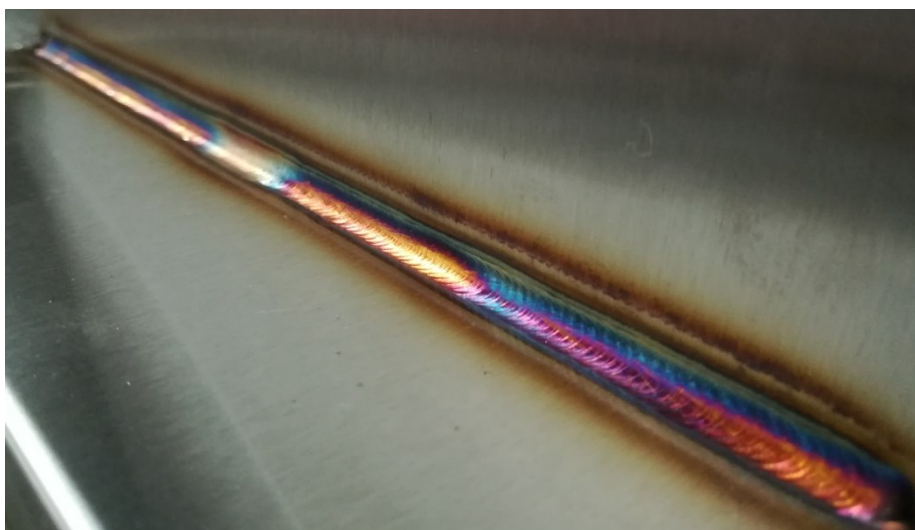
faktor	limitní vyjádření	limitní hodnota	naměřená hodnota
		mg·m <sup>-3</sup>	mg·m <sup>-3</sup>
prach (oxidy železa)	PEL	10,0	16,3



## 5 CHEMICKÉ ČIŠTĚNÍ

Úkolem chemického čištění oceli je obnovit nebo navrátit potřebné vlastnosti nerezové oceli. Jedná se o vlastnost protikorozní ochrany slitiny. Při čištění oceli dochází k odstranění nežádoucích nečistot z povrchu, jako je rez nebo náběhové zabarvení (obrázek 7) v důsledku svařování. Na povrchu oceli vznikají místa se spotřebovaným chromem, která vedou k náchylnosti ke korozi. Vlhké prostředí spolu s kontaminací povrchu oceli železem mohou vést ke vzniku nežádoucí koroze. Na povrchu oceli dochází rovněž ke vzniku nečistot vytvořených mechanickým zpracováním, tj. zbytky leštících past, lepidel, olejů, prachů nebo otisků prstů. Jedná se tedy o organickou kontaminaci, která je schopna také značně narušit povrch oceli [6, 66].

V těchto místech ocel ztrácí svou antikorozní vlastnost. Chemické čištění odstraňuje oblasti s nízkou odolností proti korozi, které by jinak mohly poskytnout body pro lokalizovanou korozi. K odstranění těchto oblastí slouží metody, jako jsou předčištění, moření, elektrolytické leštění a do určité míry i pasivace [27].



**Obrázek 7 Náběhové zabarvení sváru v důsledku svařování**

Výhodou chemického čištění je, že všechny povrchové nečistoty a místa s nízkou odolností proti korozi jsou účinně odstraněny. Nevýhodou kromě rizika nadměrného moření vedoucího k opětovné korozi je použití příliš silných kyselin, které negativně působí na zdraví člověka a životní prostředí [27].

Jelikož k chemickému čištění se používají nebezpečné, žíravé i karcinogenní látky, je třeba dbát na správnou manipulaci. Proto musí být k dispozici bezpečnostní listy a etikety k výrobkům. Pracující osoby musí být proškoleny a seznámeny se zdravotními riziky

vztahující se k výrobkům. Nezbytné je použití ochranných pomůcek, jako jsou: ochranné gumové rukavice odolné vůči kyselinám, ochranné brýle případně štít, ochranný respirátor, ochranná gumová zástěra nebo plášť a holínky. Prostor určen k chemickému čištění musí být oddělený, dobře odvětrávaný, vybaven zařízením k odsávání výparu a jímání odpadní vody. Prostor také musí být odolný vůči potřísnění kyselými látkami [47].

Ve firmě vyrábějící nerezové bazény bylo provedeno u pracovníků vykonávajících chemické čištění měření nebezpečných faktorů, majících vliv na zdraví člověka. Sledované a naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.

**Tabulka 5 Výsledky měření u pracovníků pracujících v mořárně a porovnání s limity [16, 32]**

faktor	limitní vyjádření	limitní hodnota	naměřená hodnota
		mg·m <sup>-3</sup>	mg·m <sup>-3</sup>
prach (oxidy železa)	PEL	10,000	0,500
HNO <sub>3</sub>	PEL	1,000	0,053
	NPK - P	2,500	0,553
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (SO <sub>3</sub> )	PEL	1,000	< 0,025
	NPK - P	2,000	<0,553
HF	PEL	1,500	0,036
	NPK - P	2,500	< 0,209
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	PEL	1,000	< 0,009
	NPK - P	2,000	< 0,200

Při chemické úpravě povrchu vznikají nebezpečné látky, jako jsou: oxidy dusíku, oxidy síry, fluorovodík a vodík, který je hořlavý a výbušný.

### **Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>)**

Je to skupina několika dusíkatých, plynných sloučenin. Nejčastějšími jsou: oxid dusnatý (NO) a oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>). Mezi další patří tetraoxid dusíku (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), oxid dusičný (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a oxid dusitý (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Dusík je velmi důležitým prvkem pro správný růst rostlin, ale vyšší koncentrace oxidů dusíku povrchově poškozuji části rostlin a tím zvyšují náchylnost například k plísním. Oxidy dusíku se řadí mezi plyny způsobující kyselou depozici vedoucí k acidifikaci půdy a vody, poškození lesních porostů, plodin a uvolňování toxických kovů z půdy [48].

**Oxid dusnatý (NO)** je bezbarvý plyn bez zápachu, který je málo rozpustný ve vodě. Spalování fosilních paliv, doprava, plyny z průmyslových procesů a kontaminanty z hnojiv

jsou hlavní příčiny oxidu dusnatého v ovzduší. Patří mezi skleníkové plyny, jelikož spolu s ostatními skleníkovými plyny v atmosféře absorbují infračervené záření, které zahřívá zemský povrch. Tento plyn se snadno oxiduje na oxid dusičitý. Vzhledem k souběžné expozici oxidu dusného a dusičitého je obtížné rozlišit účinky oxidu dusného od oxidu dusičitého. Koncentrace inhalovaného oxidu dusného mohou způsobit rozšíření cév v plicích, uvolnění hladkého svalstva a funkční účinky na nervový systém. Oxid dusnatý má vzájemný vztah k železu, který se váže na hemoglobin. Má tedy i cytotoxický účinek. NO může porušit řetězec DNA, zpomalit polymerázu DNA a může být antimitogenní v buňkách [48, 49].

**Oxid dusičitý ( $\text{NO}_2$ )** je červenohnědý, velmi jedovatý plyn, který je těžší přibližně o 10 % než samotný vzduch ( $1,29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ). Nehořlavý, ale podporuje hoření zápalných materiálů. Tento plyn je všudypřítomný produkt spalování (lesní požáry, blesky, výfukové plyny, spalování fosilních paliv). Používá se k výrobě kyseliny dusičné a jako oxidační činidlo, což také může vést k jeho uvolnění do životního prostředí prostřednictvím odpadní vody. Oxid dusičitý je hlavní znečišťující látka v atmosféře, která je schopná absorbovat UV záření. Pokud se uvolní do ovzduší tak se oxid dusičitý hydratuje vzdušnou vlhkostí a vytváří kyselinu dusičnou, která je hlavní složkou kyselé depozice. Oxid dusičitý podléhá fotolýze, což vede ke vzniku ozonových a smogových situací v údolích. Ve vlhké půdě dochází ke vzniku kyseliny dusičné a následně k výparu do atmosféry. Ve vodě dochází k rozpuštění tohoto plynu a opět vzniku kyseliny dusičné, která ve vyšších koncentracích výrazně snižuje hodnotu pH vody a tím ohrožuje vodní organismy. Inhalace oxidu dusičitého vede k zánětu plic, který může o několik dní později zapříčinit smrt [50].

#### **Oxidy síry ( $\text{SO}_x$ )**

Je to skupina látek mezi, které patří oxid siřičitý ( $\text{SO}_2$ ) a oxid sírový ( $\text{SO}_3$ ). Tyto sloučeniny způsobují kyselou depozici a londýnský smog [51].

**Oxid siřičitý ( $\text{SO}_2$ )** je vysoce toxický, bezbarvý, nehořlavý plyn s ostrým zápachem. Značně znečišťuje ovzduší. Z antropogenní činnosti se uvolňuje při spalování uhlí nebo tavení mědi. V přírodě může být oxid siřičitý uvolněn do ovzduší ze sopečné činnosti. Sloučenina se může vstřebat do těla inhalačně, nebo kontaktem s kůží a očima. Je příčinou kyselé depozice, jelikož se oxid siřičitý v ovzduší po určité době oxiduje na oxid sírový, který se následně slučuje s atmosférickou vlhkostí a vytváří kyselinu sírovou. Oxid siřičitý

způsobuje podráždění očí, ovlivnění srdeční frekvence, kašel, zúžení průdušek, bolest v krku, dušnost a celkové problémy dýchací soustavy [51, 52].

**Oxid sírový ( $\text{SO}_3$ )** je bezbarvá pevná nebo kapalná látka, která je ve vzduchu zápalná. Prudce reaguje s vodou za vzniku kyseliny sírové a tepla. Pro kůži a oči se jedná o žiravou sloučeninu. Požití vede k poleptání trávicí soustavy. Inhalace má velmi toxické účinky způsobující pocit pálení, kašel, obtížné dýchání, dušnost, zánět horních cest dýchacích a poškození plic [53].

#### **Fluorovodík (HF)**

Za normálních podmínek se jedná o bezbarvý plyn s štiplavým zápachem, který se ve vodním prostředí rozpouští na kyselinu fluorovodíkovou. Kyselina fluorovodíková je bezbarvá kyselina, která má leptavé účinky. I velmi krátký kontakt s malým množstvím kyseliny nebo jejími výpary způsobuje těžké popáleniny, které se mohou objevit až s 24 h zpožděním. Páry jsou těžší než samotný vzduch. Fluorovodík je velmi toxický, jelikož se snadno váže na vápník a hořčík v organismu, což vede k nekróze buněk a oslabení kostí. Akutní, inhalační expozice vlivem působení plynného fluorovodíku může způsobit vážné poškození dýchacích cest, včetně závažného podráždění, zápalu plic a plicního edému. Po pozření dochází k poleptání trávicí soustavy a to hlavně horní části. Dermální a orální expozice může způsobit závažnou hypokalcémii a srdeční potíže (arytmie). Látka je velmi škodlivá pro vodní organismy [54, 55].

### **5.1 Předčištění oceli**

Předčištění oceli je nezbytný krok před samotným mořením nebo elektrolytickým leštěním. Při tomto procesu se odstraňují na povrchu oceli přítomné oxidy, hrubé nečistoty a organická kontaminace (otisky prstů, oleje, prach, mastnota, lepidla). Používá se prostředek **Avesta Cleaner 401**, což je kapalina čistící nerezovou ocel. Odstraňuje znečištěná místa a navrácí nerezové oceli lesk. Na povrch nerezavějícího produktu se nanáší roztok pomoci vysokotlakého čističe odolného vůči kyselinám. Po rovnoměrném nánosu na danou plochu se Avesta Cleaner 401 nechá působit přibližně 10–30 min (záleží na typu korozivzdorné oceli). Následně musí dojít k oplachu povrchu oceli dostatečným proudem čisté vody. Takto očištěný povrch nerezavějící oceli je připraven na další krok moření nebo elektrolytického leštění [4, 47].

**Avesta Cleaner 401**

Avesta Cleaner 401 je žíravá kapalina obsahující kyselinu fosforečnou, ethoxylovaný isotridecyl alkohol a kyselinu hexafluorokřemičitou (tabulka 6), která se používá k čištění a ošetření korozivzdorných ocelí všech typů [56].

**Tabulka 6 Složení Avesty Cleaner 401 [56, 57]**

Nebezpečné složky	Obsah (%)	H - věty	
kyselina fosforečná, $H_3PO_4$	12,5–25	H290	může být korozivní pro kovy
		H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí
ethoxylovaný isotridecyl alkohol	5–12,5	H302	zdraví škodlivý při požití
		H318	způsobuje vážné poškození očí
kyselina hexafluorokřemičitá, $H_2SiF_6$	0,1–2,5	H290	může být korozivní pro kovy
		H302	zdraví škodlivý při požití
		H311	toxický při styku s kůží
		H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí
		H319	způsobuje vážné podráždění očí

Kapalina se skladuje při pokojové teplotě v polyethylenovém obalu rezistentního vůči kyselinám. Prostor, kde se Avesta Cleaner 401 používá, musí mít odvětrávací systém, aby nedocházelo k hromadění toxických aerosolů. Vystavení tohoto výrobku slunečním paprskům a zvýšené teplotě má nepříznivé účinky, kdy dochází k nadměrnému tlaku v nádobě vedoucímu k nafouknutí případně prasknutí obalu. Fyzikálně–chemické vlastnosti jsou popsány v tabulce 7 [56].

Ve výrobě nerezových bazénů za rok 2016 bylo spotřebováno přibližně 3 250 l Avesty Cleaner 401. V roce 2017 se spotřeba tohoto chemického výrobku zvýšila na 3 800 l [58, 59].

**Tabulka 7 Fyzikálně-chemické vlastnosti Avesty Cleaner 401 [56, 60].**

Vlastnost	Avesta Cleaner 401
Barva	bezbarvá
Skupenství	kapalina
Zápach	pichlavý
Hodnota pH (při 20 °C)	0,6
Bod varu	80–100 °C
Tlak páry (při 20 °C)	<0,01 kPa
Hustota (při 20 °C)	1,1 g cm <sup>-3</sup>
Rozpustnost ve vodě (při 20 °C)	100%
Chemická stabilita	za normálních podmínek stabilní
Reaktivita	silně reaguje s alkalickými látkami
Neslučitelné materiály	nízkolegované kovy (může dojít k intenzivní exotermické reakci vedoucí ke vzniku zápachu a tepla)
Nebezpečné produkty rozkladu	NO <sub>x</sub> , FO <sub>x</sub> , H <sub>2</sub>

### **Vliv na člověka**

Při zasažení kůže má kapalina dráždivý účinek způsobující popálení, rány a bolestivé puchýře. Vznikající produkty rozkladu (páry) nebo samotná kapalina mohou podráždit a vážně poškodit oči. Při požití může poškodit sliznici, způsobit bolesti, zvracení a zažívací potíže. Vdechování výparů má za následek bolesti, kašel, dýchací obtíže a riziko otoku plic [56, 60].

### **Vliv na životní prostředí a živočichy**

Avesta Cleaner 401 je v půdě mobilní a je tedy schopna velmi rychle proniknout k podzemní vodě. Ve vodním prostředí ve své nezředěné podobě výrazně snižuje hodnotu pH vody a tím škodí vodním organismům. Avesta Cleaner 401 není bioakumulační, takže nedochází k hromadění tohoto chemického roztoku v organizmech. Letální dávka pro krysu při orálním podání je 1530 mg·kg<sup>-1</sup> [56, 60].

## **5.2 Moření oceli**

Moření oceli se používá zejména k odstranění tenké, povrchové, kovové, oxidové vrstvy a také k odstranění organického i anorganického znečištění oceli. K moření se využívá směs kyselin a to: kyseliny dusičné, fluorovodíkové, fosforečné a výjimečně kyseliny sírové. Ve výrobě nerezových bazénů se převážně používají mořící pasty jako

Avesta BlueOne Pickling Pasta 130 a Avesta RedOne Pickling Pasta 140, které obsahují tyto kyseliny. Silně kyselá směs se aplikuje pomocí štětce odolného vůči kyselinám na narušený povrch a po určité době působení musí být proces zakončen dokonalým omytím vodou a musí dojít ke konzervaci povrchu (obrázek 8) [6, 46, 61].



**Obrázek 8 Aplikační vrstva Avesty BlueOne 130 na hotový svár**

Nedojde-li k důkladnému očištění povrchu od kyselin, může moření vést ke vzniku korozi již čistého povrchu. Doba působení závisí na koncentraci kyselin obsažených v mořicích pastách, původu znečištění a druhu korozivzdorné oceli. Čím je korozivzdorná ocel více legovaná, tím je doba moření delší (tabulka 8). Po správném postupu moření jsou povrchy bez nežádoucího zbarvení, čisté, jemné a s minimální drsností [61].

**Tabulka 8 Doba působení mořících past na korozivzdornou ocel [7, 47]**

Název oceli	EN	Doba moření (min)
Austenitická chromoniklová ocel	1.4301	30–60
Austenitická chromniklmolybdenová ocel	1.4404	30–60
Duplexní chromniklmolybdenová ocel	1.4462	90–180
Super austenitická chromniklmolybdenová ocel	1.4547	nad 180

### **Avesta BlueOne 130 a Avesta RedOne 140**

Avesta BlueOne Pickling Pasta 130 a Avesta RedOne Pickling Pasta 140 jsou nebezpečné, karcinogenní, silně kyselé, jedovaté pasty s vlastnostmi žíraviny. Tyto pasty slouží k ošetření povrchu vysoce legovaných a korozivzdorných slitin. Avesta BlueOne Pickling Pasta130 se používá převážně pro chromoniklovou a chromniklmolybdenovou austenitickou ocel. Avesta RedOne Pickling Pasta140 se výhradně používá pro více legovanou korozivzdornou ocel jakou je chromniklmolybdenová duplexní ocel a chromniklmolybdenová super austenitická ocel [62, 63].

Obě směsi obsahují sírany, které vytvářejí kyselinu sírovou ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) v kyselém prostředí. Pasty jsou nehořlavé, ale jsou schopny uvolňovat oxidy dusíku, oxidy síry a kyselinu fluorovodíkovou při zahřátí nebo vystavení žáru či ohni. Z tohoto důvodu se nesmí v žádném případě pasty nanášet na ještě horký svár. Produkty také musí být chráněny před vystavením slunečním paprskům, které by mohly v důsledku zahřátí vést ke zvýšení tlaku v nádobě a zapříčinit její nafouknutí. Skladují se uzamčeny při 5–30 °C, v plastových obalech rezistentních vůči kyselinám, aby nedošlo k přístupu neoprávněným osobám. Maximální skladovatelnost za normálních podmínek jsou dva roky. Ve vodě dochází k rozkladu na  $\text{H}^+$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . V tabulce 9 je uvedeno přesné složení Avesty BlueOne Pickling Pasta 130 a Avesty RedOne Pickling Pasta 140a jejich fyzikálně–chemické vlastnosti jsou popsány v tabulce 10 [62, 63, 64].



Tabulka 9 Složení Avesty BlueOne 130 a Avesty RedOne 140 [57, 62, 63]

Nebezpečné složky	Obsah (%)	H-věty	
kyselina dusičná, $\text{HNO}_3$	12,5–25	H272	může zesílit požár, oxidant
		H290	může být korozivní pro kovy
		H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí
kyselina fluorovodíková, HF	5–12,5	H300	při požití může způsobit smrt
		H310	při styku s kůží může způsobit smrt
		H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí
		H330	při vdechování může způsobit smrt

Tabulka 10 Fyzikálně-chemické vlastnosti Avesty BlueOne 130 a Avesty RedOne 140 [62, 63, 64, 65]

Vlastnost	Avesta BlueOne 130	Avesta RedOne 140
Barva	modrá	červená
Skupenství	pasta	pasta
Zápach	pichlavý	štiplavý
Hodnota pH (při 20 °C)	0	0
Bod varu	80–100 °C	80–100 °C
Tlak páry (při 20 °C)	<0,01 kPa	<0,01 kPa
Hustota (při 20 °C)	1,2–1,3 g·cm <sup>-3</sup>	1,2–1,3 g·cm <sup>-3</sup>
Rozpusťnost ve vodě (při 20 °C)	90%	90%
Chemická stabilita	za normálních podmínek stabilní	za normálních podmínek stabilní
Reaktivita	silně reaguje s alkalickými látkami a kovy	silně reaguje s alkalickými látkami a kovy
Neslučitelné materiály	nízkolegované kovy (může dojít k intenzivní exotermické reakci vedoucí ke vzniku zápachu a tepla)	nízkolegované kovy (může dojít k intenzivní exotermické reakci vedoucí ke vzniku zápachu a tepla)
Nebezpečné produkty rozkladu	$\text{NO}_x$ , HF, $\text{SO}_2$ ,	$\text{NO}_x$ , HF, $\text{SO}_2$

V roce 2017 bylo ve firmě při výrobě nerezových bazénů spotřebováno 680 l Avesty BlueOne Pickling Pasta 130 a 90 l Avesty RedOne Pickling Pasta 140, což znamená, že bylo spotřebováno o přibližně 17 % více těchto past než v roce 2016 a předpokládá se, že v roce 2018 se opět hodnoty zvýší v důsledku vzrůstající poptávky o nerezové bazény [58, 59].

### **Vliv na člověka**

Obě pasty jsou toxické a karcinogenní pro člověka a živočichy. Při potřísnění pokožky mají pasty leptavé účinky, kdy dochází k vytvoření pomalu se hojících, nažloutlých, bolestivých puchýřků. Pasty mají silné žíravé účinky na oči, kdy může dojít i k trvalému poškození zraku. Vdechování výparů vyvolává kašel, dýchací potíže, bolest na hrudi a nebezpečí vzniku plicního edému. Orální depozice má za následek poleptání trávicí soustavy, poškození ledvin a jater. Příznaky otravy se mohou dostavit až po několika hodinách [62, 63].

### **Vliv na živočichy a rostliny**

Pasty jsou velmi toxické pro vodní organismy a především pro ryby. Při testech na gambusích komářích (*Gambusia affinis*) byla zjištěná smrtelná dávka (LD50)  $441 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  za 96 h. Efektivní koncentrace (EC50) pro plankton je  $10\text{--}100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Inhibiční koncentrace (IC50) tedy koncentrace kdy dochází ke zpomalení nebo zastavení růstu u řas je hodnota  $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Letální dávka, kdy došlo k úhynu 50% testovaných jedinců, konkrétně krys, je  $1276 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  [64, 65].

### **Vliv na životní prostředí**

Pasty se v půdě dobře vážou, ale i přesto v nižších koncentracích mohou migrovat k podzemní vodě a tím ohrozit pitnou vodu. Ve vodě tyto chemikálie výrazně snižují hodnotu pH vody, což má negativní účinky na vodní organismy. Do ovzduší se mohou uvolňovat oxidy dusíku a oxid siřičitý [62, 63].

## **5.3 Elektrolytické leštění oceli**

Principem elektrolytického leštění oceli je odebírání kovu z povrchu nerezového výrobku, který v podobě iontu přechází do elektrolytu. Funguje tedy na základě katody a anody, kdy anodou je leštěný korozivzdorný výrobek a katodou čistící elektroda vypouštějící čistící elektrolyt jako je například Magic Cleaner. Jako elektrický vodič se chová elektrolyt po zapojení elektrického proudu. Má za úkol odstraňovat kov z výrobku a ten se pak rozpouští v roztoku anebo dochází k usazování kovů v podobě kalu [6, 66].

Elektrolytické leštění se tedy používá k odstranění hlavně náběhového zabarvení svárů a obnovy koroziodolnosti. Tato metoda je mnohem dokonalejší nežli moření, jelikož dochází i k potlačení mikroskopické drsnosti. Elektrolytické leštění je náročné jak časově tak finančně, z toho důvodů je tato metoda při čištění a obnovy antikorozní vlastnosti, využívána jen na viditelné sváry nerezových bazénů [66].

## Magic Cleaner

Magic Cleaner - čistící elektrolyt je kapalina s žíravými účinky používaná k chemickému čištění korozivzdorné oceli. Odstraňuje tepelné a oxidační zabarvení sváru [67].

Kapalina je velmi nebezpečná poblíž ohně, kdy dochází k tvorbě oxidu fosforitého a vodíku, který je výbušný. Složení Magic Cleaner je popsáno v tabulce 11 a fyzikálně-chemické vlastnosti v tabulce 12 [67].

Ročně se spotřebuje k elektrochemickému čištění nerezových bazénů přibližně 45 l čistícího elektrolytu – Magic Cleaner.

**Tabulka 11 Složení Magic Cleaner - čistící elektrolyt [57, 67]**

Nebezpečné složky	Obsah (%)	H - věty	
kyselina orthofosforečná, $H_3PO_4$	50–75	H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí

**Tabulka 12 Fyzikálně - chemické vlastnosti Magic Cleaner - čistící elektrolyt [67, 68]**

Vlastnost	Magic Cleaner - Čistící elektrolyt
Barva	červená
Skupenství	kapalina
Zápach	bez zápachu
Hodnota pH (při 20 °C)	<1
Bod varu	150 °C
Tlak páry (při 20 °C)	neurčitý
Hustota (při 20 °C)	4,43 g·cm <sup>-3</sup>
Rozpustnost ve vodě (při 20 °C)	100%
Chemická stabilita	za normálních podmínek stabilní
Reaktivita	možnost nebezpečných reakcí
Neslučitelné materiály	oxidační činidla, kovy, peroxidy
Nebezpečné produkty rozkladu	H <sub>2</sub>

### **Vliv na člověka**

Roztok není zdaleka tak toxický jako předchozí uvedené směsi, proto není nutné ani značení nebezpečnosti na obalu. Na kůži má, ale roztok žíravé účinky. Způsobuje popálení a bolestivé puchýře. Inhalace pár a plynů může poškodit dýchací soustavu [67].

### **Vliv na životné prostředí a živočichy**

Elektrolyt obsahuje kyselinu orthofosforečnou, která ve vodě výrazně snižuje hodnotu pH a ohrožuje tím vodní organismy. Letální koncentrace (LC50) pro gambusie komáří (*Gambusia affinis*) je  $138 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  a smrtelná dávka (LD50) pro krysy je  $2\,600 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  [68].

## **5.4 Pasivace oceli**

Po moření nebo elektrolytickém leštění oceli, ve výjimečných případech i po současné aplikaci obou metod najednou, nastává poslední fáze chemického čištění nerezových bazénů, kterou je pasivace. Tato metoda pomáhá regenerovat ochrannou, povrchovou vrstvu korozivzdorné oceli tím, že urychluje pasivační proces silným oxidačním prostředkem. Vhodná je k tomu kyselina dusičná obsažená v přípravku Avesta Passivator 601, který složí k pasivaci nerezové oceli. Na povrch je kapalina nanášena vysokotlakým čističem odolného vůči acidickému prostředí. Po doporučené době působení přibližně 20–30 min se musí Avesta Passivator 601 z povrchu nerezových produktů spláchnout čistou vodou [47, 69].

### **Avesta Passivator 601**

Avesta Passivator 601 je leptavá látka obsahující kyselinu dusičnou a anorganické pojivo (tabulka 13), která je určena k finálnímu, chemickému čištění korozivzdorných slitin [70].

Nejedná se o hořlavou látku, ale při zahřátí vznikají a uvolňují se nitrozní plyny. Stejně jako u předchozích směsí se nesmí nádoba s pasivační kapalinou vystavovat slunečním paprskům, aby nedošlo k nafouknutí nádoby. Kapalina se skladuje při teplotě 5–35 °C a používá se výhradně jen v odvětrávaných prostorách. Fyzikálně-chemické vlastnosti Avesty Passivator 601 jsou popsány v tabulce 14 [70].

Při chemické úpravě nerezových bazénů v roce 2016 bylo spotřebováno 1 950 l Avesty Passivator 601 a v roce 2017 se spotřeba zvýšila na 2 100 l této žíravé kapaliny [58, 59].

**Tabulka 13 Složení Avesty Passivator 601 [57, 70]**

Nebezpečné složky	Obsah (%)	H - věty	
kyselina dusičná, HNO <sub>3</sub>	25–50	H272	může zesílit požár; oxidant
		H290	může být korozivní pro kovy
		H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí
anorganické pojivo	5–15		

**Tabulka 14 Fyzikálně-chemické vlastnosti Avesty Passivator 601[70, 71]**

Vlastnost	Avesta Passivator 601
Barva	kapalina
Skupenství	bezbarvá
Zápach	štiplavý
Hodnota pH (při 20 °C)	0
Bod varu	120 °C
Tlak páry (při 20 °C)	0,4 kPa
Hustota (při 20 °C)	1,1–1,3 g·cm <sup>-3</sup>
Rozpustnost ve vodě (při 20 °C)	100%
Chemická stabilita	za normálních podmínek stabilní
Neslučitelné materiály	nízkolegované kovy (může dojít k intenzivní exotermické reakci vedoucí ke vzniku zápachu a tepla)
Nebezpečné produkty rozkladu	NO <sub>x</sub> , nitrozní plyny

### **Vliv na člověka**

Po perorálním podání dochází k poleptání trávicího ústrojí a poškození ledvin a jater. Jako smrtelná, orální dávka (LD50), je uváděná hodnota 1460 mg·kg<sup>-1</sup>. Potřísnění kůže vede k žíravým účinkům projevujícími se popáleninami s nažloutlým zabarvením, puchýři a špatně se hojícími ranami. Kapalina má i značně negativní účinky na oči. Způsobuje pálivou bolest a nenapravitelné poškození očí. Vdechování výparů vede k obtížnému dýchání a riziku vzniku plicního edému [71].

### **Vliv na životní prostředí a živočichy**

Avesta Passivator 601 je ekotoxická látka, která je nebezpečná pro organismy a životní prostředí. Letální koncentrace (LC50) pro gambusie komáří (*Gambusia affinis*) je 72 mg·l<sup>-1</sup> a letální koncentrace (LC50) pro rod sumecky (*Ictalurus sp.*) je 100–330 mg·l<sup>-1</sup>.

Pasivační kapalina je v půdě mobilní a tedy schopná proniknout k podzemní vodě. Avesta Passivator 601 silně snižuje hodnotu pH vody a tím ohrožuje organismy ve vodním prostředí [71].

## 5.5 Likvidace odpadu

Při chemickém čištění korozivzdorných oceli vznikají odpady, jako jsou: obaly, kal a odpadní voda.

### **Obaly**

Jednotlivé chemické, čistící látky jsou přechovávány v plastových nádobách odolných vůči kyselinám a přepravovány v distribučních obalech (kartony, folie). Všechny tyto obaly jsou recyklovatelné v případě dokonalého omytí od nebezpečných látek. Pokud z těchto obalů nejsou odstraněny všechny zbytky čistících směsí je třeba s těmito obaly nakládat jako s nebezpečným odpadem. Podle vyhlášky č. 93/2016 Sb. o Katalogu odpadů, ve znění pozdějších předpisů, jsou tyto obaly řazeny do podskupiny 15 01 10 „*Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek nebo obaly těmito látkami znečištěny*“ [47, 72].

### **Odpadní voda**

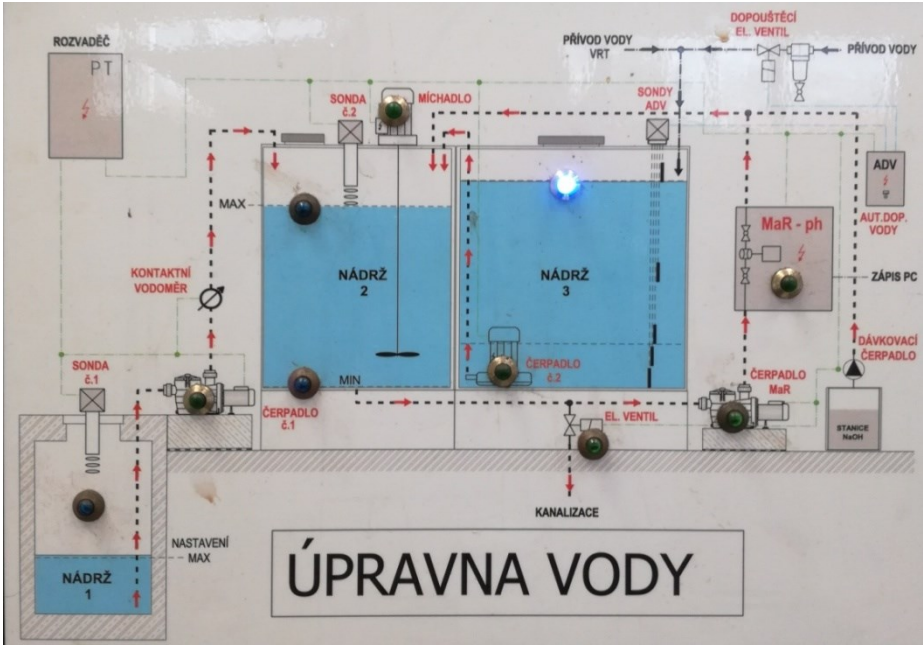
Odpadní voda z chemického čištění má velmi nízkou hodnotu pH a je také značně znečištěná toxickými kovy především chromem, niklem, molybdenem a manganem. Po oplachu povrchu korozivzdorné oceli od čistících přípravků, je kontaminovaná voda zadržovaná v záchytné jímce, kde dojde k usazení kovů, a po neutralizaci je voda vypouštěná do kanalizace [73].

Dříve ve firmě vyrábějící nerezové bazény se kontaminovaná voda zadržovala v záchytné jímce, kde po naplnění této jímky se provedla neutralizace pomocí hydroxidu vápenatého  $\text{Ca(OH)}_2$  a následně se jímka odčerpala čerpadly do kanalizace. V roce 2015 byl proveden rozbor odpadní vody před neutralizací a po neutralizaci a bylo zjištěno, že tato metoda neutralizace není vhodná, jelikož naměřené hodnoty odpadní vody po neutralizaci a tedy před vypuštěním do kanalizace překračují povolené limity pro vypouštění odpadní vody (tabulka 15) [73].

Tabulka 15 Výsledky rozboru vody z neutralizační nádrže [17, 74]

ukazatel	jednotky	před neutralizací	po neutralizaci	limitní hodnota odpadní vody
dusičnany	mg·l <sup>-1</sup>	40,30	622,00	-
dusík anorganický	mg·l <sup>-1</sup>	25,10	155,00	-
dusitany	mg·l <sup>-1</sup>	1,97	3,14	5,00
fluoridy	mg·l <sup>-1</sup>	60,60	10,20	20,00
chrom (IV)	mg·l <sup>-1</sup>	< 0,04	0,02	0,01
CHSK <sub>Cr</sub>	mg·l <sup>-1</sup>	580,00	1550,00	300,00
nerozpuštěné látky	mg·l <sup>-1</sup>	26,00	3600,00	30,00
hodnota pH	-	< 3,00	6,00	6–9
RAS	mg·l <sup>-1</sup>	1600,00	1000,00	150,00

Firma v roce 2017 proto vytvořila novou metodu k neutralizaci odpadní vody, ke které se využívá úpravná vody (obrázek 9). Jedná se o poloautomatizované zařízení navržené na základě chemického rozboru odpadní vody po chemickém čištění. Kontaminovaná voda se ze záchytné jímky pomocí čerpadla, odolného vůči kyselinám, přečerpá do neutralizační nádrže. Zde dojde k doplnění neutralizační nádrže pitnou vodou na svůj maximální objem a to z důvodu optimálního fungování neutralizačního zařízení. Následně je roztok (odpadní voda spolu s pitnou vodou) promíchán a po změření hodnoty pH odpadní vody pomocí sondy, je dávkován hydroxid sodný (15–20 % NaOH). Množství přidané, alkalické látky závisí na hodnotě pH. Po dosažení hodnoty pH 7,0 je roztok ještě 10 min promícháván a následně vypouštěn do kanalizace. Před každým vypouštěním neutralizační nádrže do kanalizace je třeba na výtok neutralizovanou vodu kontrolovat. Důležité je také, z důvodů správného fungování úpravní vody, často kontrolovat sondu na měření hodnoty pH. Voda v nádrži obsahuje nerozpuštěné látky, které mohou sondu zanášet. V takovém případě je třeba sondu očistit a provést kalibraci sondy v kalibračním roztoku [73].



### Obrázek 9 Schéma úpravny vody

## Kal z úpravy oceli

Všechny toxické kovy v nerezové oceli se usazují na dně. Je tomu tak i při jímání odpadní vody obsahující toxické kovy v zadržovací jímce. Po určité době dochází k sedimentaci kovů na dně jímky v podobě kalu. Po odčerpání kontaminované vody, v rezervoáru setrvává usazený kal. Tento sediment je vnímán jako nebezpečný odpad a je třeba s ním i tak nakládat. Kal z chemického čištění nerezavějících oceli se řadí dle vyhlášky č. 93/2016 Sb., ve znění pozdějších předpisů, o Katalogu odpadů do skupiny 11 „Odpady z chemických povrchových úprav kovů a jiných materiálů a z hydrometalurgie neželezných kovů“ a do podskupiny číslo 11 01 09\* „Kaly a filtrační koláče obsahující nebezpečné látky“ [46, 72].

Při výrobě nerezových bazénů je ročně vyprodukováno přibližně 300 kg kalů. Kal je likvidován jako nebezpečný odpad autorizovanou firmou likvidující nebezpečný odpad [75].



## 6 NÁVRH SNÍŽENÍ ENVIRONMENTÁLNÍHO DOPADU

Samozřejmě po firmě vyrábějící nerezové bazény nelze chtít, aby omezila výrobu a tím snížila dopad na životní prostředí. Nejvhodnější pro obě strany (firmu i životní prostředí) je tedy, aby firma šla s dobou a využívala nejnovější technologie, které snižují dopad na životní prostředí a organismy. Nebezpečné látky vznikají v průběhu celého výrobního procesu, ale mezi nejnebezpečnější patří prach zejména z procesu broušení a leštění, svařovací dýmy a toxické látky z chemického čištění. Firma vyrábějící nerezové bazény také spotřebovává obrovské množství elektrické energie a pitné vody a to hlavně při procesu chemického čištění, proto je nezbytné se zaměřit i na tuto problematiku.

Firma vyrábějící nerezové bazény používá při procesu chemického čištění velmi toxické a žíravé látky. Společnost, od které firma chemikálie odebírá, Avesta Finishing Chemicals se snaží neustále vyvíjet nové méně toxické chemické látky určené k čištění korozivzdorných ocelí všech typů. Mezi méně toxickou směs patří Avesta GreenOne 120 a Avesta FinishOne 630, která není klasifikovaná jako nebezpečná látka.

### **Avesta GreenOne 120**

Jedná se o pastu zelené barvy s velmi mírným zápachem, která je určená stejně jako Avesta BlueOne 130 a Avesta RedOne 140 k ošetření povrchu vysoce legovaných a korozivzdorných slitin. Avesta GreenOne 120 snižuje toxické výpary ( $\text{NO}_x$ ) až o 90 % je tedy nejšetrnější k životnímu prostředí a organismům z dostupných mořících past. Zachovává daleko jasnější povrch po moření než předešlé produkty. Avesta GreenOne 120 se na povrch oceli lépe nanáší a stačí daleko menší množství pasty pro očištění povrchu oceli než u používaných čistících past. Avesta GreenOne 120 má stejný postup aplikace jako současné, používané pasty Avesta. Nanáší se na povrch korozivzdorné oceli pomocí štětce odolného proti kyselinám a po určité době působení se pasta opláchne z povrchu oceli čistou vodou [76].

Tato pasta obsahuje o 44–60 % méně kyseliny dusičné a o 93–98 % méně kyseliny fluorovodíkové než Avesta BlueOne 130 a Avesta RedOne 140 (tabulka 16). Přesto je tato směs toxická pro životní prostředí a organismy, ale v daleko menší míře než výše zmíněné pasty Avesta BlueOne 130 a Avesta RedOne 140. Pasta je nehořlavá, ale v blízkosti ohně vypouští toxické výpary v podobě oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ ). K ochraně zdraví je nutné, aby osoby pracující s Avestou GreenOne 120 používali ochranné pomůcky a prostor, ve kterém se moří pomocí této pasty byl odvětráván [76, 77].

**Tabulka 16 Porovnání složení Avesty BlueOne 130 a RedOne 140 s Avestou GreenOne 120 [62, 63, 75]**

Nebezpečné složky	Avesta BlueOne 130 a RedOne 140	Avesta GreenOne 120
	Obsah (%)	Obsah (%)
Kyselina dusičná, HNO <sub>3</sub>	12,5–25, 0	7,0–10,0
Kyselina fluorovodíková, HF	5,0–12,5	0,1–0,9

Doba působení mořící pasty Avesta GreenOne 120 je sice prodloužená přibližně o 20 min, ale při efektivním postupu práce nedojde ke zdržení výrobního plánu. Tato mořící pasta je nejvhodnějším produktem k moření oceli na trhu a to z důvodu: snížené spotřeby, menšího obsahu nebezpečných látek a tím i související nižší toxicity pro životní prostředí a menšího vzniku toxických výparů NO<sub>x</sub> nižších až o 90 % od jiných past Avesta [76].

Firma vyrábějící nerezové bazény tuto méně toxickou pastu nepoužívá z důvodu ekonomických (Avesta GreenOne 120 je dražší) a prodloužené doby působení pasy na korozivzdorném výrobku.

#### **Avesta FinishOne 630**

Jako plnohodnotnou náhradu za Avestu Passivator 601 firma Avesta Finishing Chemicals vyvinula produkt Avesta FinishOne 630. Jedná se o bezbarvou kapalinu, která je bez zápachu. Slouží ke konečné pasivaci korozivzdorného povrchu. Tento produkt neobsahuje kyseliny a vyvíjí daleko méně toxických výparů (NO<sub>x</sub>). Avesta FinishOne 630 se používá stejně jako Avesta Passivator 601 nanese se na povrch korozivzdorné oceli pomocí vysokotlakého čističe a po určité době působení se musí Avesta FinishOne 630 z povrchu produktu spláchnout čistou vodou. Vzniklou oplachovou, odpadní vodu není potřeba zpracovávat, jelikož voda je neutrální a bez obsahu kyselin [78].

Pasta obsahuje peroxid vodíku, je to tedy produkt, který není klasifikován jako nebezpečný, jelikož obsahuje velmi malé množství žíravé látky. Kapalina není hořlavá, ale v blízkosti ohně uniká plynný kyslík a vodík, který je výbušný [79].

Porovnání složení kapalin používaných k pasivaci je uveden v tabulce 17.

Tabulka 17 Porovnání složení Avesty Passivarot 601 s Avestou FinishOne 630 [70, 79]

Avesta Passivator 601		Avesta FinishOne 630	
Nebezpečné složky	Obsah (%)	Nebezpečné složky	Obsah (%)
kyselina dusičná, $\text{HNO}_3$	25-50	peroxid vodíku ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )	< 4,5
anorganické pojivo	5-15		

Produkt Avesta FinishOne 630 je dokonalou náhradou za Avestu Passivator 601 a to hlavně díky tomu, že produkt není vnímán jako nebezpečný, doba působení je zkrácená přibližně o 90 % oproti Avesty Passivator 601 a to na dobu 2–3 min a produkt má i desinfekční účinky. Kapalina Avesta FinishOne 630 má při 20 °C hodnotu pH 6,5–7,5 nedochází tedy k snižování hodnoty pH vody [78, 79].

Firma vyrábějící nerezové bazény Avestu FinishOne 630 nepoužívá také z důvodu ekonomických, je dražší, a z důvodu, že Avesta Passivator 601 dle jejích zkušeností je silnější a lépe působí na korozivzdorný povrch.

### Odsávací systém

Velkým problémem ve firmě vyrábějící nerezové bazény je prach a svařovací dým. Při svařování vzniká velmi jemný prach a svařovací dým obsahující toxické kovy zejména chrom. Přípustný expoziční limit chromu s oxidačním číslem +VI u svářečů byl překročen o  $0,009 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  tedy o 18 %. Při procesu broušení vzniká velké množství prachu o různé velikosti částic, které negativně působí na člověka a životní prostředí. Expoziční přípustný limit prachových částic u brusičů byl překročen o  $6,3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , což je o 63 % vyšší hodnota než je stanovený limit. Je tedy nezbytné, aby se podstoupily kroky k zlepšení pracovního ovzduší ve firmě a tím se snížilo riziko onemocnění zaměstnanců a únik do životního prostředí.

Ve firmě vyrábějící nerezové bazény se brousí v odděleném prostoru tzv. brusírna, která je zajištěná odsávacím systémem se zachytnými filtry a pracovníci vykonávající práci v těchto prostorách nosí ochranné celoobleky, ochranné rukavice a ochranné obličejové štíty s jednotkou obsahující filtry a pohon vzduchu. I když prostor brusírny je oddělen a má odsávací systém tak nemalé množství brusného prachu se dostává do prostoru výrobní haly. Také pracovníci ne vždy vykonávají práce přesně podle norem a pracovních postupů, proto ve firmě vyrábějící nerezové bazény je v ovzduší všech výrobních hal přítomný polétavý prach. Tento prach je škodlivý pro lidský organismus, ale také velmi snadno se z výrobních hal dostává do venkovního ovzduší a tím zvyšuje koncentrace prachových

částic v atmosféře. Je nutné všechny tři výrobní haly vybavit centrálním odsávacím systémem s filtry, které by byly schopny zachytit jemné prachové částice. Dostačujícím by mohl být filtr třídy F8 nebo F9, který je schopen zachytit prach  $PM_{2,5}$ , a plyny obsahující kovy [80, 81].

Svařování probíhá na celém výrobním prostoru firmy a svářeči jsou chráněni ochranným svářečským oděvem, ochrannými svářečskými rukavicemi a ochrannou svářečskou kuklou, která je nedostačující a to z důvodu, že svářeči nejsou dostatečně chráněni před svařovacími dýmy a prachem. Na trhu jsou k dispozici svářečské kukly s filtrační jednotkou a pohonem vzduchu (obrázek 10). Tyto kukly zajišťují maximální ochranu svářečů. Jelikož svařování probíhá na celém výrobním prostoru firmy je i v tomto případě nutné haly vybavit centrálním odsávacím systémem. Pořízení stolů s odsáváním není příliš vhodné řešení, jelikož se ve většině případů se svařují velmi rozměrné díly, které by stoly nebyly schopny pojmout [82].



**Obrázek 10 Svařovací kukla s filtrační jednotkou a pohonem vzduchu [82]**

Prostor, ve kterém se chemicky čistí korozivzdorná ocel, je sice vybaven speciálním odsávacím systémem, ale jelikož prostor chemického čištění uvnitř výrobní haly není zcela oddělen, mělo by se provést měření pracovního ovzduší ve všech výrobních halách na možný výskyt oxidu dusíku a síry. V případě, že by vzdušný prostor obsahoval tyto oxidy, byl by centrální odsávací systém vybaven ještě filtrem obsahující impregnované aktivní uhlí, které pohlcuje oxidy dusíku a síry [80].

### Fotovoltaická elektrárna

Firma vyrábějící nerezové bazény spotřebovává velké množství elektrické energie (tabulka 18). Ročně to je až 261 685 kWh, bylo by vhodné snížit spotřebu elektrické energie potřebné pro provoz firmy, pořízením fotovoltaické elektrárny. Jedna hala firmy vyrábějící nerezové bazény je schopná poskytnout 1100 m<sup>2</sup> plochy střechy. V případě, že by byla zřízená fotovoltaická elektrárna o výkonu 91,8 kWp bylo by potřeba přibližně 340 solárních panelů o výkonu 270 Wp a rozměru 1,680×0,962 m. Solární panely jsou nejproduktivnější v období od dubna do srpna. Fotovoltaická elektrárna by ušetřila 34 % elektrické energie potřebné pro provoz firmy v případě zaplnění střechy jedné haly solárními panely. Firma má k dispozici tři haly o přibližně stejné ploše, suma tedy činí 3 300 m<sup>2</sup> nevyužité střešní plochy schopné poskytnout energii. Pokud by byla zaplněná solárními panely celá střešní plocha firmy, fotovoltaická elektrárna by vyprodukovala ročně až 263 685 kWp, což by pokrylo celou spotřebu energie potřebnou pro provoz firmy [83].

**Tabulka 18 Roční spotřeba elektrické energie na provoz firmy a roční výroba energie FVE [83]**

<b>měsíc</b>	<b>spotřeba elektrické energie (kWh)</b>	<b>výroba energie FVE (kWp)</b>
leden	22225	2444
únor	20078	3832
březen	22225	7894
duben	21508	10476
květen	22225	11119
červen	21508	11027
červenec	22225	11303
srpen	22225	10751
září	21508	8142
říjen	22225	5872
listopad	21508	2895
prosinec	22225	2141
<b>celkem:</b>	<b>261685</b>	<b>87896</b>

Výpočet počtu potřebných solárních panelů:

$S_s$	plocha střechy (1100 m <sup>2</sup> )
$S_{sp}$	plocha solárního panelu (1,616 m <sup>2</sup> )
$k$	výpočtový koeficient pro umístění panelů na rovnou střechu (2)
$x$	počet solárních panelů

$$x = \frac{S_s}{S_{sp} \cdot k}$$

$$x = \frac{1100}{1,616 \cdot 2}$$

$$x = 340,35$$

Výpočet výkonu fotovoltaické elektrárny:

$P_{sp}$	výkon solárního panelu (0,270 kWp)
$x$	počet solárních panelů (340)
$P_{FVE}$	výkon fotovoltaické elektrárny (kWp)

$$P_{FVE} = P_{sp} \cdot x$$

$$P_{FVE} = 0,270 \cdot 340$$

$$P_{FVE} = 91,8 \text{ kWp}$$

### Využití srážkové vody

Firma vyrábějící nerezové bazény za rok 2017 spotřebovala 2042 m<sup>3</sup> pitné vody. Bohužel, nebylo změřeno, kolik přesně m<sup>3</sup> pitné vody se spotřebuje při nejvíce na vodu náročném procesu výroby nerezových bazénů, což je chemické čištění. Lze, ale předpokládat, že minimálně 50 % z uvedené spotřeby pitné vody firmou je voda využívána k chemickému čištění. Při chemickém čištění je zapotřebí velké množství vody a to hlavně potřebné k oplachování korozivzdorných produktů od kyselých směsí. Bylo by výhodné jak ekonomicky tak ekologicky využívat srážkovou vodu při procesu chemického čištění [84].

Správné navržení podzemní nádrže k akumulaci a využití srážkové vody výrazně sníží spotřebu pitné vody firmy vyrábějící nerezové bazény. Srážková voda stéká po střeše budovy do okapového systému a tímto systémem je vedena do sběrného potrubí a následně do zemního filtru. Zde dojde k zachycení hrubých nečistot a průchodu jen vody. Srážková voda následně vtéká do akumulární nádrže přes uklidňující systém, aby nedocházelo k víření usazeného sedimentu v nádrži. Lze využít i různé filtrační zařízení, které

srážkovou vodu zbaví dalších nečistot. Voda z akumulační nádrže se odčerpává čerpadlem těsně pod horní hladinou vody k místu využití srážkové vody. Čerpadlo může být i s automatickým řízením, které je pro firmu vhodnější. Při přeplnění akumulační nádrže se voda odvádí přepadovým systémem do kanalizace nebo se přebytečná voda může nechávat vsakovat do půdy [85, 86].

Plocha střechy jedné haly firmy vyrábějící nerezové bazény má rozlohu 1100 m<sup>2</sup> a roční srážkový úhrn v dané lokalitě se pohybuje od 800 do 1000 mm. Střecha je schopná zachytit až 693 m<sup>3</sup> srážek za rok a tím ušetřit 34 % spotřeby pitné vody firmy vyrábějící nerezové bazény. Při využití celé střešní plochy firmy lze zachytit ročně až 2079 m<sup>3</sup> srážek.

Výpočet množství zachycených srážek [87]:

q	srážkový úhrn (900 mm·rok <sup>-1</sup> )
S <sub>s</sub>	plocha střechy (1100 m <sup>2</sup> )
k <sub>s</sub>	koeficient odtoku střechy (rovná střechy, pozinkovaný plech = 0,7)
Q	množství zachycených srážek (m <sup>3</sup> ·rok <sup>-1</sup> )

$$Q = \frac{q \cdot S_s \cdot k_s}{1000}$$

$$Q = \frac{900 \cdot 1100 \cdot 0,7}{1000}$$

$$Q = 693 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$$

Srážková voda má přibližně hodnotu pH 5,6 jedná se o mírně kyselou vodu obsahující znečišťující látky (CO<sub>2</sub>, rozpuštěné a nerozpuštěné látky). Výrobce čistících směsí Avesta pro čištění korozivzdorné oceli v postupu práce uvádí, že korozivzdorné produkty musí být po aplikaci chemických látek oplachovány pitnou vodou. Bylo by vhodné provést tedy testy, jak na korozivzdornou ocel působí při oplachování chemických látek z oceli srážková voda. Pokud by testy byly vyhovující, dalo by se oplachovat pouze srážkovou vodou nebo upravenou (neutralizovanou) srážkovou vodou. V případě nevyhovujících výsledků, tedy při zjištění, že srážková voda má při oplachování negativní vliv na korozivzdornou ocel. Lze opláchnout korozivzdornou ocel od chemických směsí nejdříve srážkovou vodou a následně propláchnout pitnou vodou. I v tomto případě dojde k výraznému snížení spotřeby pitné vody při chemickém čištění [88].

## 7 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala vlivem výroby nerezových bazénů na životní prostředí. Bylo zjištěno, že z koroziivzdorné oceli, která obsahuje toxické kovy (chrom, nikl, měď, molybden, mangan a železo) při jednotlivých, výrobních postupech unikají nebezpečné a toxické látky do okolního prostředí.

Ve firmě vyrábějící nerezové bazény se svařuje metodou TIG s neodtavnou wolframovou elektrodou a s pomocí přídavného drátu v inertním plynu. Neodtavná elektroda obsahuje wolfram, radioaktivní thorium a lanthan, které jsou obsažené v prachu vzniklého zejména z broušení této elektrody za účelem přesnějšího svařování. Při procesu svařování vzniká svařovací kouř, obsahující nebezpečné látky. Ze svařovacího kouře se uvolňuje chrom s oxidačním číslem +VI a v menším množství (Mn, Mo, Ni, Fe). Může docházet i k uvolňování radioaktivního a toxického fosgenu. U svářečů ve firmě vyrábějící nerezové bazény byla limitní koncentrace chromu s oxidačním číslem +VI překročena o 18 % a to hlavně z důvodů používání nevyhovující svářečské kukly. Svařovací kukly s filtrační jednotkou a pohonem vzduchu by zajistily daleko lepší ochranu svářečů.

Při obrábění, kdy dochází k cílenému odebrání kovu z koroziivzdorného povrchu se uvolňují otřepy a prachové částice. Otřepy nepředstavují velké zdravotní riziko, jelikož se jedná o částičky velikosti několika mm, nejsou tedy schopné přetrvávat ve fázi vnosu a proniknou inhalační cestou do organismu. Riziko vyplývá pouze z povrchového poranění zaměstnanců o otřepy. Prachové částice uvolňující se při obrábění nesou daleko větší zdravotní rizika a negativní vliv na životní prostředí. Tento prach obsahující toxické kovy (Cr, Ni, Mn, Mo, Fe, Cu) může mít velikost i  $<10,0 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) a proniknout až do krevního řečiště. Limitní koncentrace prachu (oxidu železa) u brusičů byla překročena o 63 %. Tento polétavý prach je přítomný ve všech výrobních halách firmy vyrábějící nerezové bazény a velmi snadno může unikat do venkovního vzduchu. Z toho důvodu by firma měla všechny tři výrobní haly vybavit centrálním odsávacím systémem s filtry F8 nebo F9, které jsou schopny zachytit prachové částice  $<10,0 \mu\text{m}$  a plyny obsahující kovy.

Posledním výrobním procesem je chemické čištění, při kterém se využívají velmi kyselé směsi obsahující: kyselinu fosforečnou ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), kyselinu hexafluorokřemičitou ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ), ethoxylovaný isotridecyl alkohol, kyselinu dusičnou ( $\text{HNO}_3$ ), kyselinu fluorovodíkovou (HF) a anorganické pojivo. Tyto kyselé látky výrazně snižují hodnotu pH odpadní vody a je tedy nezbytné odpadní vodu před vypouštěním do kanalizace



neutralizovat. V průběhu chemického čištění vznikají nebezpečné produkty rozkladu, jako jsou: oxidy dusíku, oxidy síry, vodík a fluorovodík. Firma vyrábějící nerezové bazény by měla zvážit, zda opravdu by nebylo vhodnější používat méně toxické čisticí směsi jako je Avesta GreenOne 120, která obsahuje o 60 % méně kyseliny dusičné a o 98% méně kyseliny fluorovodíkové a snižuje toxické výpary ( $\text{NO}_x$ ) až o 90 % než používané čisticí pasty. Avesta FinishOne 630 by byla kvalitní náhradou za Avestu Passivator 601, jelikož Avesta FinishOne 630 není klasifikovaná jako nebezpečná látka díky tomu, že obsahuje peroxid vodíku. Nedochází k snižování hodnoty pH odpadní vody a vyvíjí se daleko méně toxických výparů ( $\text{NO}_x$ ). Centrální odsávací systém výrobních hal by se měl vybavit filtrem obsahující impregnované aktivní uhlí, které pohlcuje oxidy dusíku a síry.

V průběhu výrobních procesů se ročně spotřebovává obrovské množství elektrické energie (až 261 685 kWh) a pitné vody (až 2042 m<sup>3</sup>). Tuto problematiku by vyřešila fotovoltaická elektrárna a nádrž k akumulaci srážkové vody. Fotovoltaická elektrárna by ušetřila 34 % elektrické energie potřebné pro provoz firmy v případě zaplnění plochy střechy jedné výrobní haly (1100 m<sup>2</sup>) solárními panely. Akumulační nádrž na srážkovou vodu by ušetřila také 34 % spotřeby pitné vody firmy vyrábějící nerezové bazény při zachycení srážkové vody ze střechy o rozloze 1100 m<sup>2</sup>.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Příklady použití nerezové oceli v průmyslu i domácnosti. *Fasteners* [online]. Brno: FASTENERS CZ, ©2014, 22.10.2014 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://www.fasteners-cz.cz/priklady-pouziti-nerezove-oceli-v-prumyslu-i-domacnosti>
- [2] Nerezová ocel a její životní cyklus, recyklovatelnost a hygienické vlastnosti. *Fasteners* [online]. Brno: FASTENERS CZ, ©2014, 14.5.2015 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://www.fasteners-cz.cz/nerezova-ocel-jeji-zivotni-cyklus-recyklovatelnost-hygienicke-vlastnosti>
- [3] Korozivzdorná ocel - nerez. *ALFUN* [online]. Bruntál [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <http://www.alfun.cz/produkty/nerez/korozivzdorna-ocel-nerez>
- [4] Příručka moření. *Böhler Uddeholm* [online]. Böhler Uddeholm, ©2018 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: [http://www.bohler-uddeholm.cz/media/Prirucka\\_Avesta\\_moreni.pdf](http://www.bohler-uddeholm.cz/media/Prirucka_Avesta_moreni.pdf)
- [5] Handbook of Stainless Steel. *Outokumpu* [online]. Švédsko: © Outokumpu, 2013 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/outokumpu-stainless-steel-handbook.pdf>
- [6] ČÍHAL, Vladimír. *Korozivzdorné oceli a slitiny*. Praha: Academia, 1999, s. 19-314. ISBN 80-200-0671-0.
- [7] Stainless Steel. *Metalcor: Master distribution - The World of Special Metals* [online]. Německo: © Metalcor [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://www.metalcor.de/en/rostfreie-edelstahle/>
- [8] *Parametry rozboru*. 2018.
- [9] Super Austenitic Stainless Steels. *MetalTek International* [online]. Waukesha: MetalTek International [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <https://www.metaltek.com/alloy-browser/stainless-steel/super-austenitic-stainless-steels>
- [10] Vliv legovacích prvků na vlastnosti ocelí. *Svanda* [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://svanda.webz.cz/vyuka/legury.htm>
- [11] Vliv jednotlivých prvků na vlastnosti ocelí. *Tumlikovo* [online]. TumliKOVO, ©2010 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/vliv-jednotlivych-prvku-na-vlastnosti-oceli/>

- [12] Kalitelnost – prokalitelnost. *Strojírenství* [online]. Strojírenství, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://strojirenstvi.studentske.cz/2008/10/kalitelnost-prokalitelnost.html>
- [13] Toxic Substances Portal – Chromium. *ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry* [online]. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2012 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts7.pdf>
- [14] Chrom a sloučeniny (jako Cr). *IRZ: Integrovaný regist znečišťování* [online]. Praha: © CENIA a Ministerstvo životního prostředí, 2012 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: [https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Chrom\\_a\\_jeho\\_slouceniny.pdf](https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Chrom_a_jeho_slouceniny.pdf)
- [15] KRIŠTOFOVÁ, Dana. *Kovy a životní prostředí: environmentálně nebezpečné složky elektroodpadu*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2005, s. 42-53. ISBN 80-248-0740-8.
- [16] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.: Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. *Zákony pro lidi* [online]. Zlín: © AION CS, 2018 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [17] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.: Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. *Zákony pro lidi* [online]. Zlín: © AION CS, 2018 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>
- [18] Nikl a sloučeniny (jako Ni). *IRZ: Integrovaný regist znečišťování* [online]. Praha: © CENIA a Ministerstvo životního prostředí [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Nikl.pdf>
- [19] Nickel. *ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry* [online]. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2011 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=44>
- [20] Měď a sloučeniny (jako Cu). *IRZ: Integrovaný regist znečišťování* [online]. Praha: © CENIA a Ministerstvo životního prostředí [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Med.pdf>

- [21] BENCKO, Vladimír, Jaroslav LENER a Miroslav CIKRT. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. 2. přepracované a doplněné vyd., v Grada Publishing 1. vyd. Praha: Grada, 1995, s. 167-271. ISBN 80-716-9150-X.
- [22] KLEGER, Ladislav a Petr VÁLEK. Měď. *Arnika* [online]. Praha: Arnika, ©2014 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <http://arnika.org/med>
- [23] Manganese. *PubChem Compound* [online]. USA: National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2004, 16.9.2004 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23930>
- [24] Molybdenum. *PubChem Compound* [online]. USA: National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2004, 16.9.2004 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23932>
- [25] Iron. *PubChem Compound* [online]. USA: National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2004, 16.9.2004 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23925>
- [26] BENEŠ, Filip. Koroze ŽP konstrukcí. *DocPlayer* [online]. 2018: © DocPlayer.cz, Praha, 20.9.2014 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/21790832-Koroze-zb-konstrukci-benes-filip-2-s-v-praze-20-9-14.html>
- [27] *Outokumpu: Corrosion Handbook*. 9. vydání. Švédsko: © Outokumpu Stainless Steel, 2004, s. 1-103.
- [28] Metody. *Automig: internetový magazín* [online]. Teplice: Migatronik CZ [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/>
- [29] CUNAT, Pierre-Jean a Joinville-le- PONT. *Svařování korozivzdorných ocelí*. Francie: © Euro Inox, 2007. ISBN 978-2-87997-177-3.
- [30] JOURA, Vít. Wolframové elektrody pro TIG svařování. *SVARINFO: Magazín praktického svařování* [online]. SVARINFO, 2006, 16. 11. 2006 [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2006111201>
- [31] OK AUTROD 308LSi. *OK WELD* [online]. Luka nad Jihlavou: OK WELD [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: [http://www.okweld.cz/PDF/draty-mig-mag/vysokolegovane-nerezavejic/OK\\_AUTROD\\_308LSi.pdf](http://www.okweld.cz/PDF/draty-mig-mag/vysokolegovane-nerezavejic/OK_AUTROD_308LSi.pdf)
- [32] *Interpretace výsledků měření*. 2015.
- [33] MEI, N., L. BELLEVILLE, Y. CHA, U. OLOFSSON, I. ODNEVALL WALLINDER, K.A. PERSSON a Y.S. HEDBERG. Size-separated particle fractions

- of stainless steel welding fume particles – A multi-analytical characterization focusing on surface oxide speciation and release of hexavalent chromium. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 2018, 342, 527-535 [cit. 2018-04-23]. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2017.08.070. ISSN 03043894. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389417306726>
- [34] Tungsten. *PubChem Compound* [online]. USA: National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2004, 16.9.2004 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23964#section=Top>
- [35] Thorium dioxide. *PubChem Compound* [online]. USA: National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2005, 27.3.2005 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14808#section=Probable-Routes-of-Human-Exposure>
- [36] Phosgene. *PubChem Compound* [online]. USA: National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2004, 16.9.2004 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6371#section=Top>
- [37] HORÁKOVÁ, Magdaléna, Miroslava JANDOVÁ a Helena KOCIÁNOVÁ. Fosgen: Zdravotní rizika. *Fakulta vojenského zdravotnictví: Univerzity obrany* [online]. Brno: Univerzita obrany, ©2017, 10.3.2006 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: [http://www.pmfhk.cz/VZL/VZL%203\\_4\\_2006/008%20Hor%E1kov%E1-T.pdf](http://www.pmfhk.cz/VZL/VZL%203_4_2006/008%20Hor%E1kov%E1-T.pdf)
- [38] Machining. *Outokumpu* [online]. Helsinky: © Outokumpu, 2018 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: [ww.outokumpu.com/en/products-properties/more-stainless/machining-cutting-and-grinding/Pages/default.aspx](http://www.outokumpu.com/en/products-properties/more-stainless/machining-cutting-and-grinding/Pages/default.aspx)
- [39] Povrchy a povrchové úpravy nerezových ocelí. *Terapol: Nerez ocel* [online]. Chomutov: Terapol [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www.terapol.cz/clanek/no-vap-povrchy>
- [40] Katalog produktů 3M: Určených na práci s nerezovou ocelí. *3M* [online]. Praha: © 3M, 2018, 2014 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1189174O/stainless-steel-catalogue.pdf>
- [41] Pasty Unipol: Určených na práci s nerezovou ocelí. *E-brusivo* [online]. Kroměříž: PrestaShop™, 2014 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www.e-brusivo.cz/15029-brusna-pasta>

- [42] Emery. *PubChem Compound* [online]. USA: National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2005, 27.3.2005 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14769#section=Top>
- [43] POPL, Milan a Jan FAHNRICH. *Analytická chemie životního prostředí*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1992, s. 102. ISBN 8070801654.
- [44] Polétavý prach (PM<sub>10</sub>). *IRZ: Integrovaný regist znečišťování* [online]. Praha: © CENIA a Ministerstvo životního prostředí [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: [https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Poletavy\\_prach.pdf](https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Poletavy_prach.pdf)
- [45] PETRLÍK, Jindřich a Petr VÁLEK. Polétavý prach - PM<sub>10</sub>. *Arnika* [online]. Praha: Arnika, ©2014 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://arnika.org/poletavy-prach-pm10>
- [46] ŠTURC, Josef. *Moření oceli*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985, s. 8-15. DT 621.794.4:669.14
- [47] Moření a pasivace přípravky Avesta voestalpine Böhler Welding. <http://www.konstrukce.cz/> [online]. © KONSTRUKCE Media, s.r.o, 2018 [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/moreni-a-pasivace-pripravky-avesta-voestalpine-bohler-welding/>
- [48] Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub>). *IRZ: Integrovaný regist znečišťování* [online]. Praha: © CENIA a Ministerstvo životního prostředí [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: [https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Oxidy\\_dusiku.pdf](https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Oxidy_dusiku.pdf)
- [49] Nitric Oxide. *PubChem Compound* [online]. USA: National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2004, 16.9.2004 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/145068#section=Top>
- [50] Nitrogen Dioxide. *PubChem Compound* [online]. USA: National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2004, 16.9.2004 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3032552#section=Top>
- [51] Oxidy síry (SO<sub>x</sub>/SO<sub>2</sub>). *IRZ: Integrovaný regist znečišťování* [online]. Praha: © CENIA a Ministerstvo životního prostředí [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: [https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Oxidy\\_s%C3%ADry.pdf](https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Oxidy_s%C3%ADry.pdf)

- [52] Sulfur Dioxide. *PubChem Compound* [online]. USA: National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2004, 16.9.2004 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11119#section=Top>
- [53] Sulfur Trioxide. *PubChem Compound* [online]. USA: National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2004, 16.9.2004 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24682#section=Top>
- [54] Hydrofluoric Acid. *PubChem Compound* [online]. USA: National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2004, 16.9.2004 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14917#section=Top>
- [55] KLEGER, Ladislav a Petr VÁLEK. Fluorovodík. *Arnika* [online]. Praha: Arnika, ©2014 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://arnika.org/fluorovodik>
- [56] *Bezpečnostní list: Avesta Cleaner 401*. Malmö (Švédsko): Böhler Welding Nordic AB, 2016.
- [57] Standardní věty o nebezpečnosti, doplňující informace o nebezpečnosti a doplňující údaje na štítku podle nařízení (ES) č. 1272/2008. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Praha: © MPO, 2008 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/chemicke-latky-a-smesi/clp-klasifikace-oznacovani-a-baleni/2018/2/1-Seznam-standardnich-vet-o-nebezpecnosti-\\_H-vet\\_.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/chemicke-latky-a-smesi/clp-klasifikace-oznacovani-a-baleni/2018/2/1-Seznam-standardnich-vet-o-nebezpecnosti-_H-vet_.pdf)
- [58] *Výdej chemických prostředků na jednotlivé zakázky*. 2016.
- [59] *Výdej chemických prostředků na jednotlivé zakázky*. 2017.
- [60] Safety Data Sheet Avesta Cleaner 401 EU. *Eurostahl SDN BHD* [online]. Malajsie (Taman Johor Jaya): Eurostahl Sdn. Bhd. All Rights Reserved, ©2015, 16. 8. 2013 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://euroshl.com/wp-content/uploads/2015/08/Avesta-Cleaner-401.pdf>
- [61] CROOKES, Rogen. *Moření a pasivace korozivzdorných ocelí*. Lucembursko: © Euro Inox, 2007. ISBN 978-2-87997-139-1.
- [62] Bezpečnostní list: Avesta BlueOne Pickling Paste 130. *ReadGur* [online]. Švédsko (Malmö): readgur, ©2018, 1.2.2016 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z:

- [http://readgur.com/doc/444978/avesta-blueone-pickling-paste-130\\_-cz-\\_vers\\_1\\_410130](http://readgur.com/doc/444978/avesta-blueone-pickling-paste-130_-cz-_vers_1_410130)
- [63] Bezpečnostní list: Avesta RedOne Pickling Paste 140. *ReadGur* [online]. Švédsko (Malmö): readgur, ©2018, 22. 6. 2015 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: [http://readgur.com/doc/447492/avesta-redone-pickling-paste-140\\_-cz-\\_vers\\_1\\_410007](http://readgur.com/doc/447492/avesta-redone-pickling-paste-140_-cz-_vers_1_410007)
- [64] Safety Data Sheet Avesta BlueOne Pickling Paste 130. *Eurostahl SDN BHD* [online]. Malajsie (Taman Johor Jaya): Eurostahl Sdn. Bhd. All Rights Reserved, ©2015, 15.8.2013 [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: <http://euroshl.com/wp-content/uploads/2015/08/Avesta-Pickling-Paste-130.pdf>
- [65] Safety Data Sheet Avesta RedOne Pickling Paste 140. *Klingstrand AB* [online]. Švédsko (Göteborg): © Klingstrand AB, 2018, 16.8.2013 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [http://www.klingstrand.se/shop/32578/art55/17530955-c885b7-sds\\_140\\_en.pdf](http://www.klingstrand.se/shop/32578/art55/17530955-c885b7-sds_140_en.pdf)
- [66] KOSMAČ, Alenka. *Elektrolytické leštění korozivzdorných ocelí*. Brusel: © Euro Inox, 2009. ISBN 978-2-87997-319-7.
- [67] Magic Cleaner - Čisticí elektrolyt. *Fronius International* [online]. Rakousko: Fronius International, ©2006-2017 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: [https://www3.fronius.com/cps/rde/xbcr/SID-AC4E2F6D-33E8AC2E/fronius\\_ceska\\_republika/BL\\_p\\_004\\_Magic\\_Cleaner\\_\\_ist\\_c\\_\\_elektrolyt\\_370147\\_snapshot.pdf](https://www3.fronius.com/cps/rde/xbcr/SID-AC4E2F6D-33E8AC2E/fronius_ceska_republika/BL_p_004_Magic_Cleaner__ist_c__elektrolyt_370147_snapshot.pdf)
- [68] Safety Data Sheet: Magic Cleaner - Cleaning electrolyte. *Fronius International GmbH* [online]. Rakousko (Wels): Fronius International, ©2006-2017, 13.3.2014 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://www3.fronius.com/cps/rde/xbcr/SID-A003509A-7F9DB1D9/fronius\\_norge/Reinigungselektrolyt\\_1\\_0\\_GB\\_EN\\_150113\\_snapshot.pdf](https://www3.fronius.com/cps/rde/xbcr/SID-A003509A-7F9DB1D9/fronius_norge/Reinigungselektrolyt_1_0_GB_EN_150113_snapshot.pdf)
- [69] Avesta Passivator 601. *Mister Stainless* [online]. Irsko (Dublin): Misterstainless, ©2005-2013, 2012 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.misterstainless.com/msd/AVESTA%20601%20NITRIC%20DATA%20SHEET.pdf>
- [70] *Bezpečnostní list: Avesta Passivator 601*. Malmö (Švédsko): Böhler Welding Nordic AB, 2015.



- [71] Material Safety Data Sheet: Passivator 601. *Mister Stainless* [online]. Irsko (Dublin): Misterstainless, ©2005-2013, 3.2.2010 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://www.misterstainless.com/msd/AVESTA%20601%20NITRIC%20PASSIVATOR%20MSD.pdf>
- [72] Vyhláška č. 93/2016 Sb.: Vyhláška o Katalogu odpadů. *Zákony pro lidi* [online]. Zlín: © AION CS, 2018 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-93#f5779609>
- [73] *Návrh provozního řádu úpravny vody: Neutralizace odpadní vody*. 2017.
- [74] *Protokol o zkoušce*. 2015.
- [75] *Zpráva o roční produkci kalu*. 2017.
- [76] Avesta GreenOne Pickling Paste 120. *Mister Stainless* [online]. Švédsko: Misterstainless, ©2005-2013, 2012 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://www.misterstainless.com/msd/AVESTA%20120%20GREEN%20PICKLE%20PASTE%20DATA%20SHEET.pdf>
- [77] Safety Data Sheet Avesta GreenOne Pickling Paste 120 EU. *Debolt Data Depository* [online]. Švédsko: Debolt Data Depository, ©2007-2018, 16.8.2013 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://paulandkirk.com/Debolt/data/PDFFiles/051113PU082.pdf>
- [78] Avesta FinishOne Passivator 630. *Mister Stainless Steels* [online]. Irsko: Misterstainless, ©2005-2013, 26.11.2012 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: [http://www.misterstainless.com/assets/finish\\_one.pdf](http://www.misterstainless.com/assets/finish_one.pdf)
- [79] Safety Data Sheet FinishOne 630. *Eurostahl SDN BHD* [online]. Malajsie (Taman Johor Jaya): Eurostahl Sdn. Bhd. All Rights Reserved, ©2015, 26.11.2012 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://euroshl.com/wp-content/uploads/2015/08/Avesta-Passivator-630.pdf>
- [80] Rozdělení filtrů do tříd, vlastnosti filtrů a typické příklady použití. *KS Klima - Service* [online]. Příbram: KS Klima-Service, ©2002-2018 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <http://www.ksklimaservice.cz/cz/rozdeleni-filtru-do-trid-vlastnosti-filtru-a-typicke-priklady-pouziti>
- [81] Štíty 3M™ Versaflo™ M-107 a M-307 s jednotkou s pohonem vzduchu 3M™ Adflo™. *TEDOX* [online]. Praha: TEDOX, ©2018 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <https://www.tedox.cz/adflo--stit-versaflo>

- [82] Svářečská kukla 3M™ Speedglas™ 9100 FX Air s jednotkou s pohonem vzduchu 3M™ Adflo™. *TEDOX* [online]. Praha: TEDOX, ©2018 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <https://www.tedox.cz/adflo--speedglas-9100-fx>
- [83] *Technická analýza Fotovoltaické elektrárny*. 2018.
- [84] *Spotřeba vody za rok 2017*. 2018.
- [85] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení: Kvalita dešťové vody a její čištění. *TZB - info* [online]. Praha: © Topinfo, 2018, 12.3.2007 [cit. 2018-04-16]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>
- [86] PLOTĚNÝ, Karel. Nádrže a filtry pro akumulaci a využití srážkových vod. *TZB - info* [online]. Praha: © Topinfo, 2018, 31.8.2016 [cit. 2018-04-16]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/14621-nadrze-a-filtry-pro-akumulaci-a-vyuziti-srazkovych-vod>
- [87] REINBERK, Zdeněk. Posouzení možnosti využití srážkové vody. *TZB - info* [online]. Praha: © Topinfo, 2018 [cit. 2018-04-16]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/105-posouzeni-moznosti-vyuziti-srazkove-vody>
- [88] Dešťová voda. *TZB - info* [online]. Praha: © Topinfo, 2018 [cit. 2018-04-16]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ASTM	American Society for Testing and Materials
DNA	deoxyribonukleová kyselina
EN	Eurokód
CHSK <sub>Cr</sub>	chemická spotřeba kyslíku
MAG	Metal Active Gas
MIG	Metal Inert Gas
MMA	Manual Metal Arc Welding
NPK-P	nejvyšší přípustná koncentrace
PEL	přípustný expoziční limit
RAS	rozpuštěné anorganické látky
TIG	Tungsten Inert Gas
ŽP	životní prostředí

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Kontaminace korozivzdorné oceli železem.....	11
Obrázek 2 Vybrané druhy mokré koroze [26] .....	12
Obrázek 3 Pasivní vrstva [5].....	16
Obrázek 4 Svařování metodou TIG [6] .....	17
Obrázek 5 Otřepy na korozivzdorné trubce DN 50 řezané pomocí poloautomatické, pásové pily .....	21
Obrázek 6 Porovnání neopotřebovaného a opotřebovaného brusného pásu P 80 .....	22
Obrázek 7 Náběhové zabarvení sváru v důsledku svařování .....	25
Obrázek 8 Aplikační vrstva Avesty BlueOne 130 na hotový svár .....	31
Obrázek 9 Schéma úpravny vody .....	40
Obrázek 10 Svařovací kukla s filtrační jednotkou a pohonem vzduchu [82] .....	44

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Složení korozivzdorné oceli [7] .....	2
Tabulka 2 Limitní hodnoty parametrů při výběru typu korozivzdorné oceli [8].....	3
Tabulka 3 Výsledky měření u svářečů a porovnání s limity [16, 32] .....	18
Tabulka 4 Výsledky měření u brusičů a porovnání s limitní hodnotou [16, 32] .....	24

Tabulka 5 Výsledky měření u pracovníků pracujících v mořárně a porovnání s limity [16, 32].....	26
Tabulka 6 Složení Avesty Cleaner 401 [56, 57] .....	29
Tabulka 7 Fyzikálně-chemické vlastnosti Avesty Cleaner 401 [56, 60]. .....	30
Tabulka 8 Doba působení mořících past na korozivzdornou ocel [7, 47] .....	32
Tabulka 9 Složení Avesty BlueOne 130 a Avesty RedOne 140 [57, 62, 63] .....	33
Tabulka 10 Fyzikálně-chemické vlastnosti Avesty BlueOne 130 a Avesty RedOne 140 [62, 63, 64, 65].....	33
Tabulka 11 Složení Magic Cleaner - čistící elektrolyt [57, 67].....	35
Tabulka 12 Fyzikálně-chemické vlastnosti Magic Cleaner – čistící elektrolyt [67, 68] .....	37
Tabulka 13 Složení Avesty Passivator 601 [57, 70] .....	37
Tabulka 14 Fyzikálně-chemické vlastnosti Avesty Passivator 601[70, 71] .....	37
Tabulka 15 Výsledky rozboru vody z neutralizační nádrže [17, 74] .....	39
Tabulka 16 Porovnání složení Avesty BlueOne 130 a RedOne 140 s Avestou GreenOne 120 [62, 63, 75].....	42
Tabulka 17 Porovnání složení Avesty Passivarot 601 s Avestou FinishOne 630 [70, 79]..	43
Tabulka 18 Roční spotřeba elektrické energie na provoz firmy a roční výroba energie FVE [83].....	45